La arqueología

123

LA CIENCIA PARA TODOS

VARIA

LINDA R. MANZANILLA
LUIS BARBA

Una visión científica del pasado del hombre

Linda Manzanilla • Luis Barba

Arqueología

Una visión científica del pasado del hombre

La Ciencia para Todos / **123**

Primera edición (La Ciencia desde México), 1994
Segunda edición (La Ciencia para Todos), 2001
Tercera edición, 2003
Primera edición electrónica, 2010

La Ciencia para Todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Secretaría de Educación Pública y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

D. R. © 1994, Fondo de Cultura Económica
Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 México, D. F.
Empresa certificada ISO 9001:2008

www.fondodeculturaeconomica.com

Comentarios:
editorial@fondodeculturaeconomica.com

Este libro está bajo la licencia de
Creative Commons, reconocimiento-NoComercial
SinObraDerivada 4.0 internacional

ISBN 978-607-16-0360-9

Hecho en México - *Made in Mexico*

La Ciencia para Todos

Desde el nacimiento de la colección de divulgación científica del Fondo de Cultura Económica en 1986, ésta ha mantenido un ritmo siempre ascendente que ha superado las aspiraciones de las personas e instituciones que la hicieron posible. Los científicos siempre han aportado material, con lo que han sumado a su trabajo la incursión en un campo nuevo: escribir de modo que los temas más complejos y casi inaccesibles puedan ser entendidos por los estudiantes y los lectores sin formación científica.

A los diez años de este fructífero trabajo se dio un paso adelante, que consistió en abrir la colección a los creadores de la ciencia que se piensa y crea en todos los ámbitos de la lengua española —y ahora también del portugués—, razón por la cual tomó el nombre de La Ciencia para Todos.

Del Río Bravo al Cabo de Hornos y, a través de la mar Océano, a la Península Ibérica, está en marcha un ejército integrado por un vasto número de investigadores, científicos y técnicos, que extienden sus actividades por todos los campos de la ciencia moderna, disciplina que se encuentra en plena revolución y que continuamente va cambiando nuestra forma de pensar y observar cuanto nos rodea.

La internacionalización de La Ciencia para Todos no es sólo en extensión sino en profundidad. Es necesario pensar una ciencia en nuestros idiomas que, de acuerdo con nuestra tradición humanista, crezca sin olvidar al hombre, que es, en última instancia, su fin. Y, en consecuencia, su propósito principal es poner el pensamiento científico en manos de nuestros jóvenes, quienes, al llegar su turno, crearán una ciencia que, sin desdeñar a ninguna otra, lleve la impronta de nuestros pueblos.

Comité de Selección

Dr. Antonio Alonso
Dr. Francisco Bolívar Zapata
Dr. Javier Bracho
Dra. Rosalinda Contreras
Dr. Jorge Flores Váleles
Dr. Juan Ramón de la Fuente
Dr. Leopoldo García-Colín Scherer
Dr. Adolfo Guzmán Arenas
Dr. Gonzalo Halffter
Dr. Jaime Martuscelli
Dra. Isaura Meza
Dr. José Luis Moran
Dr. Héctor Nava Jaimes
Dr. Manuel Pcimbert
Dr. Ruy Pérez Tamayo
Dr. Julio Rubio Oca
Dr. José Sarukhán
Dr. Alfonso Serrano
Dr. Guillermo Soberón
Dr. Elias Trabulse

Coordinadora

María del Carmen Farías

ÍNDICE

Agradecimientos

Introducción

A) Hacia una definición de la arqueología

B) Metas y objetivos de la arqueología

C) Herramientas del arqueólogo

D) Fases de la investigación arqueológica

I. Una radiografía de la superficie de la Tierra

Las técnicas de prospección aplicadas a la arqueología

II. Cirugía de la superficie de la Tierra

A) Estrategia

B) Herramientas

C) Coordenadas de referencia

D) Estratigrafía

E) Determinación de contextos

F) Registro

III. Análisis y diagnóstico

A) Análisis de la cerámica

B) Análisis de la lítica

C) Técnicas de fechamiento

IV. Integración

A) Una instantánea de las sociedades del pasado

B) Slierlock Holmes y la solución del caso

C) Diacronía y dinámica del cambio

Referencias

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM su apoyo para la realización de este libro: a Guadalupe Sánchez Nieves la corrección del texto; a Fernando Botas la elaboración de los dibujos; a José Saldaña y Humberto Arrieta las fotografías y a todos aquellos que participaron con nosotros en los trabajos arqueológicos en Arslantepé (Turquía), Tiwanaku (Bolivia), Teotihuacan, Cuanalán y Cobá (México).

INTRODUCCIÓN

En la lejanía, entre las dunas del desierto, se ve la figura de un hombre con botas, pantalón corto y *sarakoff,* quien afanosamente cava con la ayuda de una pala (figura 1). Este estéreotipo

Figura 1. Estereotipo del arqueólogo excavando en el desierto.

del arqueólogo ha permeado muchas culturas, aun cuando en la actualidad tal visión romántica está muy lejos de la realidad, como también la figura de *Indiana* Jones, con un látigo en la mano, arriesgando su vida en medio de los peligros que la selva ofrece (figura 2).

Y no es que el quehacer arqueológico esté exento de aventuras y vicisitudes. Quienes trabajan en los sitios que ocupó la cultura maya o en el sureste asiático saben de los peligros de la selva tropical (figura 3); aquellos que lo hacen en el altiplano boliviano o en el Tíbet conocen del mal de montaña y de los intensos fríos; quienes exploran sitios sumergidos en el mar o restos de embarcaciones de

comerciantes enfrentan las sorpresas de la fauna marina y la descompresión.

Figura 2. Otro estereotipo: *Indiana* Jones.

Si las imágenes sugeridas se cambiasen por la de grupos de individuos equipados con aparatos muy refinados que detectan lo que se encuentra bajo la superficie; por la de equipos de trabajo que planifican eficientemente sus excavaciones arqueológicas, ya que la labor de desenterrar los "tesoros" del pasado se torna más bien en una minuciosa cirugía; por la de grupos interdisciplinarios que analizan en los laboratorios de física atómica los componentes de las piezas halladas y que posteriormente figurarán en algún museo, y que recrean frente a una computadora la distribución espacial de sitios y utensilios (figura 4), entonces nos acercaremos a las herramientas que el arqueólogo del siglo xx tiene a su alcance.

Figura 3. Los sitios mayas de la jungla.

Figura 4. Laboratorio móvil de prospección arqueológica, del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM; estudios químicos y mapas de distribución en computadora.

El reto que ofrece el estudio disciplinado y sistemático de los vestigios de las actividades de los hombres del pasado es sorprendente. El arqueólogo es un detective que debe tomar en cuenta hasta un grano de polen (figura 5) para reconstruir parte del gigantesco rompecabezas.

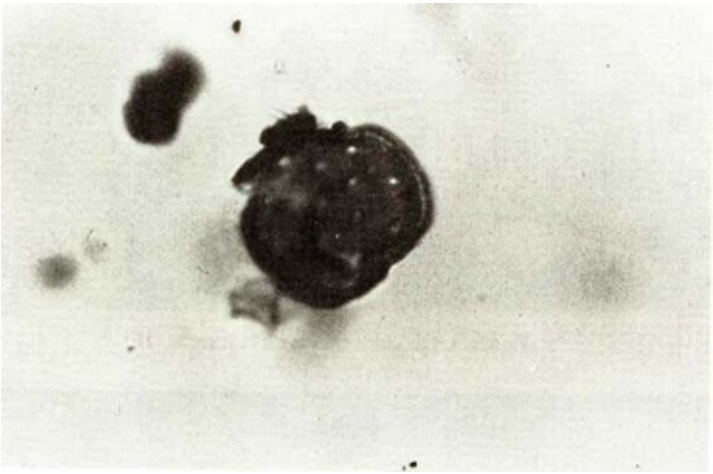


Figura 5. Grano de polen de quenopodiáceas-amarantáceas de la excavación de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco, valle de Teotihuacan. (Proyecto a cargo de la doctora Linda Manzanilla, cortesía del biólogo Emilio Ibarra.)

Los restos dejados por las actividades de los hombres de otros tiempos yacen en la parte superior de la corteza terrestre (figura 6). Muchos se encuentran protegidos por una matriz sedimentaria hasta el momento en que el arqueólogo llega con su brocha y cucharilla. Otros se han integrado a la conformación del paisaje, simulando montes naturales. Algunos más han sido disectados por torrentes y ríos, en cuyos taludes se ven cortes de lo que alguna vez fue una superficie plana. La superficie de la corteza terrestre es, pues, la piel donde el arqueólogo analizará, célula por célula, la acción del hombre a su paso por el planeta.

Figura 6. Excavación arqueológica de la doctora Linda Manzanilla en la pirámide de Akapana, Tiwanaku, Bolivia.

A) HACIA UNA DEFINICIÓN DE LA ARQUEOLOGÍA

La arqueología es una ciencia social que estudia las sociedades humanas y sus transformaciones en el tiempo. Es una ciencia histórica porque investiga el pasado. Forma parte de la antropología y estudia al hombre como ente social así como su influencia sobre el medio. Es una disciplina que integra la información procedente del conocimiento de la Tierra (geología, geofísica y geografía) con datos provenientes de la biología (paleobotánica, paleozoología y paleoantropología) y, en consecuencia, la arqueología es un poderoso puente interdisciplinario de unión.

B) METAS Y OBJETIVOS DE LA ARQUEOLOGÍA

De la misma manera que el astrónomo observa la actividad pretérita de cuerpos estelares ya extintos; que el geólogo recrea la coreografía de las placas tectónicas, el vulcanismo, la

formación de fallas y la orogenia a través del examen de estratos y rocas; el paleontólogo que, por medio del análisis de los fósiles infiere las formas de vida ya extintas, el arqueólogo es, ante todo, un observador de recurrencias. Podemos decir que el arqueólogo:

1) Registra patrones repetitivos de conducta en las distribuciones de utensilios, construcciones y sitios;

2) reconstruye las actividades y las relaciones entre los grupos sociales;

3) observa la sucesión de sociedades de distinta complejidad a través del tiempo;

4) propone esquemas de cambio;

5) trata de explicar los factores que intervinieron en esas transformaciones y sus causas.

C) HERRAMIENTAS DEL ARQUEÓLOGO

Mucho ha cambiado desde las no tan lejanas épocas en que el arqueólogo se servía únicamente de pala y pico. La escala regional de estudio permite una primera aproximación al estudio del pasado mediante la ubicación cartográfica de los sitios arqueológicos visibles en la superficie. A través de estudios aerofotográficos, fotogramétricos y de reconocimiento superficial, el arqueólogo define la extensión probable de los sitios con diferencias topográficas (montículos), de extensiones de fragmentos de cerámica y de piedra o áreas con arquitectura visible.

Actualmente, para el estudio regional el investigador cuenta también con la información procedente del procesamiento digitalizado de imágenes enviadas por satélite. Esta es usada para definir las características geomorfológicas, geológicas y ecológicas del terreno donde se asentaron las

sociedades del pasado.

El arqueólogo puede definir estructuras sepultas con ayuda de fotografías aéreas de baja altitud, magnetómetros, resistivímetros, sismógrafos, radares o aparatos de sondeo mecánico o eléctrico, etc. Para identificar las diferencias topográficas en el terreno de estudio se usan teodolitos, brújulas, planchetas y niveles.

Antes de elegir un área de excavación, como parte de esta radiografía preliminar se toman muestras de tierra y se les practican diversos análisis químicos que pueden brindar más datos de los materiales observados en la superficie.

La excavación arqueológica requiere de herramientas de diversos tamaños y de distinto grado de precisión. Por ejemplo, en los rellenos de las estructuras, los terraplenes de nivelación o los depósitos aluviales se emplean picos y palas para intentar remover grandes volúmenes de materiales. Sin embargo, cuando se trabaja en los pisos de construcciones antiguas para eliminar la tierra adherida a los materiales arqueológicos el arqueólogo utiliza brochas, pinceles, instrumentos de hueso, cucharillas, e incluso instrumental de dentista (figura 7).

Una vez identificado el contexto arqueológico, es necesario registrar minuciosamente las asociaciones significativas, tal como se encuentran en la excavación: se toman medidas en ejes de coordenadas y en profundidad, se dibujan respecto a ejes de referencia y se fotografían. En formatos especiales se describen todos los rasgos característicos de cada asociación o estructura. Además se toman muestras asociadas a los materiales arqueológicos: por ejemplo, de tierra para determinar el tipo de polen, fitolitos y macrofósiles botánicos que estaban presentes, y del piso, para identificar concentraciones de compuestos químicos producto de las

actividades del pasado.

Para el análisis de los materiales, primero se hace la separación macroscópica. Por ejemplo, cuando se desea definir la taxonomía de los restos botánicos y los elementos traza que posee un yacimiento geológico de donde procede determinado material, el investigador llama a especialistas de otras disciplinas, quienes usan microscopios electrónicos de barrido, espectrómetros de masas, aceleradores y otras herramientas de tecnología avanzada.

Para fechar los materiales arqueológicos se mandan a laboratorios de radiocarbono, termoluminiscencia, hidratación de obsidiana, dendrocronología u otras técnicas que permitan una ubicación histórica de los hechos.

Después de la descripción de cada vestigio es necesario integrar los datos, lo cual se logra con los mapas de distribución y estadísticas, que las computadoras realizan con gran fluidez. Sin embargo, para interpretar los resultados, la única herramienta que se utiliza es la inteligencia humana.

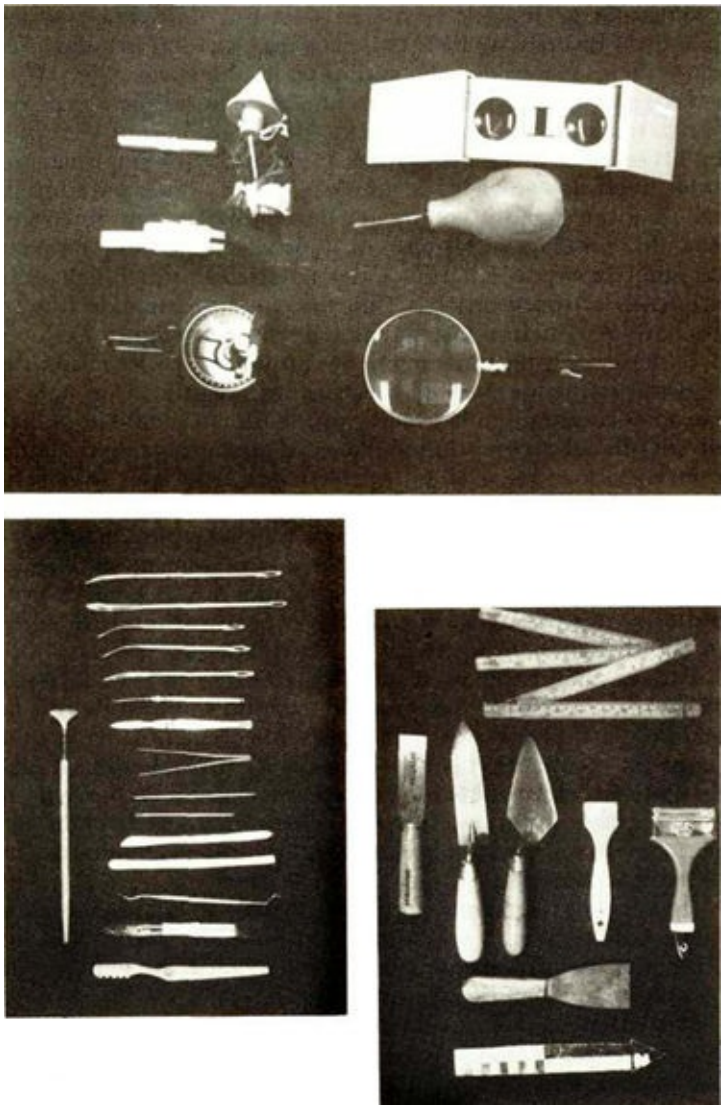


Figura 7. Herramientas del arqueólogo.

D) FASES DE LA INVESTIGACIÓN ARQUEOLÓGICA

Después de elaborar un diseño de investigación, siguen varias fases:

a) El estudio regional, que permite ubicar a un sitio particular en un contexto común de estudio a escala

mayor.

b) La prospección del sitio, que comprende la definición de áreas específicas de trabajo y el planteamiento de algunas hipótesis sobre su función.

c) La excavación estratigráfica, que establece una relación cronológica entre los diversos niveles de ocupación (por ejemplo, de sitios abandonados superpuestos en el mismo lugar).

d) El análisis de los materiales, que permite determinar las materias primas, su procedencia, las técnicas de elaboración y su función.

e) El fechamiento, que proporciona un marco cronológico para ubicar los sucesos en el tiempo.

f) La integración y la interpretación, que obliga al investigador a dar la explicación final del caso.

I. Una radiografía de la superficie de la Tierra

El estudio de un sitio arqueológico mediante el uso de técnicas geofísicas y geoquímicas es posible gracias a que los asentamientos humanos necesariamente modifican el ciclo natural de la formación del suelo, y producen alteraciones físicas que concentran compuestos químicos y acumulan vestigios culturales. La intensidad de tales modificaciones depende del tiempo de ocupación, el número de habitantes y el tipo de actividades realizadas.

La mayoría de estos cambios son permanentes y pueden ser detectados miles de años después, son intrínsecos al suelo o forman parte de los sedimentos.

Como hemos mencionado, la arqueología no sólo se interesa en los objetos, sino también en el estudio del contexto arqueológico. Durante la excavación, el arqueólogo inevitable-mente destruye este contexto (Thomas, 1979), pero si no es posible evitar la destrucción, sí se pueden buscar nuevas opciones para minimizarla; una de éstas es la prospección arqueológica. Del mismo modo en que los cirujanos hacen un diagnóstico antes de una intervención quirúrgica, para hacer la excavación más eficiente y menos destructiva, el arqueólogo incluye una serie de estudios preliminares.

Actualmente existen numerosas ciencias y técnicas aplicadas a la arqueología moderna, la cual en el curso de su

evolución ha ido aglutinando cada vez más herramientas para hacer mejor y más completo su trabajo. Existe una gran semejanza entre el papel que desempeña el diagnóstico clínico y sus técnicas para conocer el cuerpo humano como la tomografía computarizada, el ultrasonido, los estudios radiográficos y el análisis bioquímico de laboratorio y la forma en que la prospección arqueológica utiliza técnicas para obtener información del contexto enterrado antes de proceder a la excavación como los estudios con el radar de penetración, el magneto-metro, el equipo para medición de la resistencia eléctrica y el análisis químico de sedimentos.

De la misma manera en que en una intervención quirúrgica no debe hacerse un corte para ver "qué se encuentra", en la arqueología cada vez es más apremiante la necesidad de utilizar técnicas de prospección en lugar de realizar pozos exploratorios para ver "qué se descubre". La gran responsabili-dad de preservar y estudiar el patrimonio artístico y cultural, así como la escasez de tiempo y recursos, obligan a la arqueología moderna a utilizar técnicas denominadas de percepción remota, con las cuales se puede obtener información relevante sin dañar el contexto arqueológico.

El origen y desarrollo de los métodos de prospección aplicados a la arqueología se deben principalmente a tres circunstancias (R. É. Linington, s.f.):

a) La alarmante velocidad de destrucción de la evidencia arqueológica como consecuencia del desarrollo urbano y la agricultura mecanizada. Especialmente en países con una importante y larga tradición arqueológica, cada vez que se lleva a efecto una excavación para instalar tubería, líneas de comunicación o construir cimientos, hay muchas probabilidades de encontrar rasgos arqueológicos.

Desafortunadamente, casi siempre, para evitar costosos retrasos en los programas de construcción se destruye la evidencia. Por otro lado, debido al aumento de potencia de los tractores, muchas estructuras presentes en campos de cultivo, son destruidas durante el trabajo agrícola.

b) El segundo factor es el incremento en los costos del trabajo arqueológico y la restricción de recursos. Los problemas económicos en todo e\ mundo han afectado esta disciplina, haciendo más difícil la obtención de fondos para las excavaciones. Para continuar con su desarrollo es urgente buscar otras opciones, estudiar los sitios en menos tiempo, con menor costo y sin perder información.

c) El último factor es el importante papel que desempeñan los saqueadores y los buscadores de "tesoros arqueológicos" en la destrucción de objetos y de contextos. El saqueo elimina toda posibilidad de asociar el material arqueológico con un contexto. Es el más dañino de los enemigos del arqueólogo y del patrimonio de una nación.

d) Afortunadamente el desarrollo científico y tecnológico ha proporcionado a las ciencias de la Tierra el equipo para estudiar las propiedades del terreno. La arqueología fácil mente puede adoptar estas técnicas.

La prospección arqueológica es un término que normalmente se emplea para describir el uso de varias técnicas que, aplicadas a un sitio, sirven para determinar la ubicación de éste y de sus rasgos enterrados, pero una de sus principales limitaciones es que la interpretación de los resultados está restringida a la localización de estructuras.

De acuerdo con Susan Limbrey (1975: 223), "la información acerca de las actividades del hombre y el medio en el cual vive reside en el suelo mismo y en las cosas encontradas en, bajo y sobre éste. La 'información intrínseca'

está contenida en el material que forma el suelo y en su distribución en el entorno". También dice que "otra fuente de información en el suelo es la 'información contenida', esto es, la información proporcionada por los residuos orgánicos y por los utensilios arqueológicos depositados sobre, contenidos en o enterrados bajo el suelo".

Debido a que una parte de la información arqueológica no está ni en las estructuras ni en los artefactos, sino en la relación entre ellos y en su contacto con la tierra que los rodea, los datos que se obtienen en la excavación tradicional dañan la información intrínseca del suelo y sedimentos cuando los remueven y desechan. Pero parte de ésta puede obtenerse desde la superficie y ser interpretada antes de practicar una excavación destructiva.

Con el fin de obtener esta información es necesario combinar técnicas en una secuencia ordenada (figura 8) y aplicar cada una en el momento en que resulte más valiosa y eficiente. Esta secuencia intenta obtener la más completa información sobre un sitio arqueológico estudiando las propiedades químicas y físicas de los sedimentos; y así evitar la destrucción del contexto, ayudar al arqueólogo a decidir dónde y cuánto debe excavar y hacer que la operación proporcione más datos y reditúe más en tiempo y dinero.

Es indudable la importancia de las técnicas de prospección en la arqueología moderna. Cada día las posibilidades de aplicarlas aumentan con el uso de nuevos equipos mejorados; sin embargo, el problema de la interpretación de los resultados persiste. Esto se debe a que cualquier característica aislada es sólo una pequeña parte de la información arqueológica total; aun en el caso en que la técnica fuera muy rigurosa y exacta, la información obtenida será sólo parcial.

Ha habido muchos intentos de interpretar

cuantitativamente la información geofísica. Todos han aportado importante ayuda para entender las anomalías magnéticas y así determinar la profundidad y el origen.

De acuerdo con Chenhall (1975), el estudio del material arqueológico de superficie proporciona una imagen muy limitada, comparada con la complejidad de la cultura material. También, la información que proporciona cualquier técnica de prospección aislada es muy limitada, y como consecuencia, la interpretación se dificulta.

Para explicar esto usaremos el ejemplo de la producción de las modernas impresiones a color que se logran por la superposición de varias capas de diferente color. En forma aislada, ninguna de las capas tiene mucho significado; éste aparece sólo después de una combinación de todos los colores, lo cual produce una imagen clara y fácilmente reconocible. De la misma manera es posible superponer la información proporcionada por las técnicas de prospección.

La complejidad del comportamiento humano produce muy diversas modificaciones en un asentamiento. En lugar de practicar un análisis intensivo en cada uno de los cambios intentamos estudiar los más definidos e interpretar todos en conjunto. Ésta es la única manera en que la información geofísica y geoquímica permitirá la interpretación de sitios arqueológicos desde la superficie, cuando muchas pequeñas partes se conjunten para construir un cuerpo de información más completo.

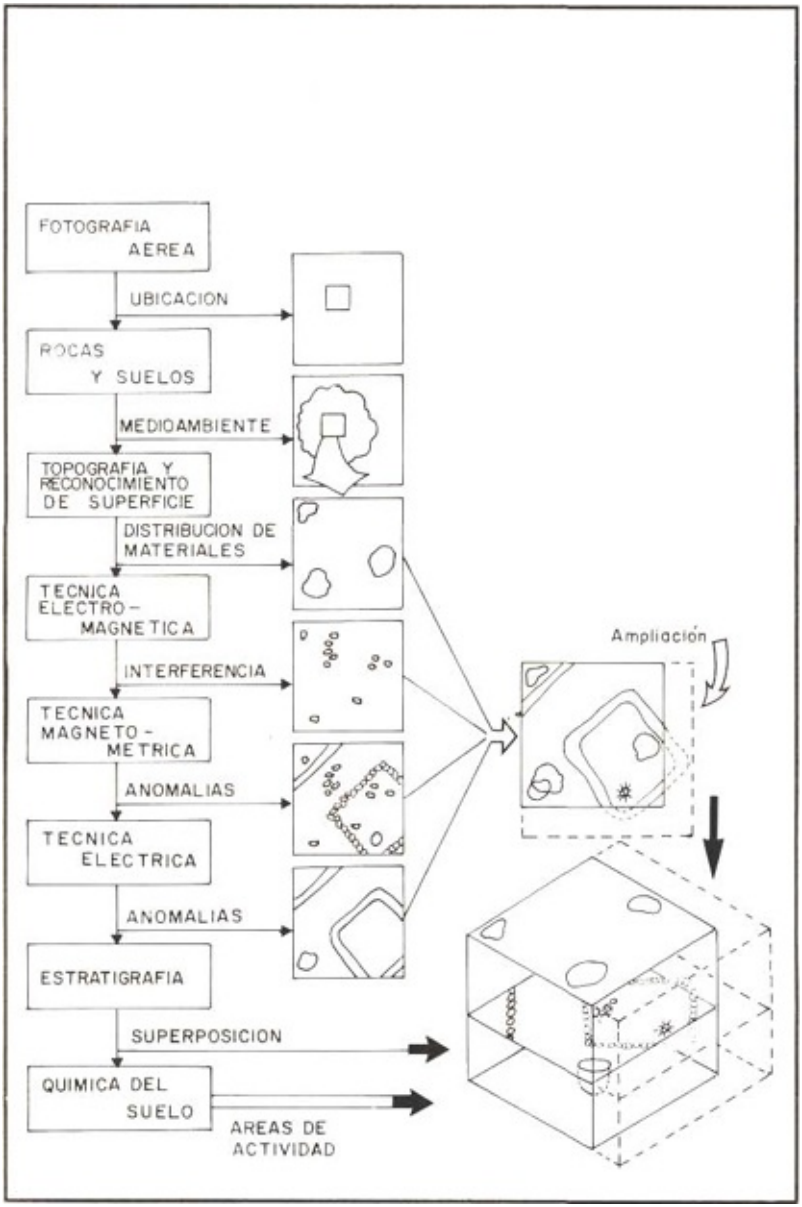


Figura 8. Diagrama de flujo de la metodología del estudio de sitios arqueológicos desde la superficie (Barba, 1986: 49).

LAS TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN APLICADAS A LA ARQUEOLOGÍA

A) *Fotografía aérea*

El primer reconocimiento aéreo aplicado a la arqueología fue realizado por Crawford (1928) alrededor de 1920. Su primera publicación *(Wessex from the Air)* inició el uso de la fotografía aérea como técnica de prospección. Un poco más tarde, J. S. P. Bradford (1957) aprovechó su experiencia como piloto dvirante la segunda Guerra Mundial y publicó *Ancient Landscapes.* Estos autores establecieron la relación entre los hechos culturales que modifican las características del suelo y varios tipos de marcas en el suelo observables desde el aire.

A recientes fechas se han utilizado globos de helio (figura 9) para tomar fotos aéreas a baja altitud.

Figura 9. Uso del globo de helio en Teotihuacan.

Quizá la característica más distintiva de la fotografía aérea sea su capacidad de abarcar grandes extensiones en una simple imagen y establecer la correlación entre rasgos que son imposibles de apreciar al nivel del suelo. Además, muestra patrones de distribución que facilitan la detección y delimitación de posibles sitios de estudio.

Las marcas en la superficie del suelo son clasificadas en dos grandes grupos que dependen del momento en que son vistas;

por un lado están las huellas estacionales, entre los que se incluyen las marcas de cultivo, de suelo, de nieve, etcétera, y por el otro están las permanentes, como las sombras producidas por la luz rasante (figura 10).

Figura 10. Ejemplo de fotografía aérea de baja altitud en el valle de Teotihuacan (excavaciones en Oztoyahualco a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

Normalmente, para que se produzca una marca en la superficie es necesario que los restos arqueológicos no estén a más de un metro de profundidad. Las huellas superficiales se deben a diferencias en las características químicas, físicas y biológicas de las capas superiores. La mayoría de las marcas son producidas por el comportamiento diferencial del suelo cuando un agente actúa uniformemente sobre la superficie. Es poco probable que un objeto enterrado profundamente modifique la superficie para producir una marca.

A veces, un hoyo se rellena de material más joven hasta que ya no puede apreciarse diferencia en el relieve. Sin embargo, este hoyo podrá distinguirse cuando la superficie sea afectada por fenómenos como la lluvia. Después de una precipitación continua, la parte superior del perfil del suelo queda húmeda y tiempo después, cuando ha dejado de llover, puede verse una marca de suelo. El material de relleno desarrolla un color más intenso debido, entre otras cosas, al mayor contenido de

materia orgánica. Otra posibilidad es que sea un material formado de pequeñas partículas capaz de retener más agua, durante más tiempo.

Este es un ejemplo de cómo pueden desarrollarse algunas marcas, pero existen muchos factores que intervienen en su formación; se necesita más información: datos geológicos, edafológicos y morfológicos, condiciones climáticas y tipo de cultivos en los campos.

A menudo ocurre que una característica especialmente distintiva en un sitio resulta irrelevante o inútil en otro, por lo cual todas las fotointerpretaciones requieren de una comprobación mediante un recorrido complementario.

Entre las dificultades más comunes en la aplicación de la fotografía aérea están la interpretación errónea, la pérdida de detalles y la confusión producida por la superposición de estructuras.

B) *Resistencia eléctrica*

Las técnicas geofísicas se dividen en dos: métodos pasivos que sólo miden la variación de las propiedades, y métodos activos que producen una alteración y miden el comportamiento del terreno.

La medición de la resistencia eléctrica es una técnica geofísica activa; se basa en el contraste de las propiedades eléctricas del suelo. En este caso, el contraste de propiedades entre los restos arqueológicos y su contexto depende de la naturaleza de los materiales, la profundidad y forma de los restos, la proximidad entre ellos y el contenido de humedad del suelo. Si este contraste es suficientemente grande, los rasgos arqueológicos serán detectados.

R. C. J. Atkinson (1952) fue el primero que aplicó la

medición de la resistencia eléctrica a la arqueología, en Inglaterra en 1946. Después, esta técnica ha sido aplicada exitosamente en muchos otros sitios (Lerici, s.f.).

La propiedad medida es la resistencia que presenta el suelo al paso de la corriente eléctrica. Debido a que esta resistencia se refiere a una porción específica del suelo, con dimensiones definidas, es necesario emplear un factor dimensional; puede ser definida como la resistencia ofrecida por un cubo de tierra de dimensiones unitarias. Hasta este momento hemos considerado que el material tratado es homogéneo, pero éste no es el caso en ningún sitio. El concepto de resistividad eléctrica aparente se introdujo para tratar la resistencia eléctrica de un suelo que no es necesariamente homogéneo.

La forma más común para medir esta propiedad es por medio de electrodos, que se colocan en el terreno según las necesidades específicas de estudio (figura 11). Estos arreglos introducen corriente eléctrica (técnica activa) con dos de los electrodos y miden la diferencia de potencial producida por el flujo de la corriente que circula a través del terreno gracias a otro par de electrodos (Carabelli, si.).

Figura 11. Resistencia eléctrica en la Pirámide de Akapana, Tiwanaku, Bolivia. Estudio del ingeniero Luis Barba y excavaciones de la doctora Linda Manzanilla.

Uno de los arreglos más utilizados es el Wenner, donde cuatro electrodos metálicos se alinean simétricamente al centro del arreglo. Los electrodos externos introducen la corriente eléctrica, mientras los internos miden el voltaje. En este arreglo, la forma del campo eléctrico producido es similar a un huso, con los electrodos externos en sus extremos. La profundidad máxima es aproximadamente igual a la distancia entre los electrodos externos. La distancia entre electrodos es una de las mayores diferencias entre las aplicaciones geológicas y arqueológicas. En el trabajo arqueológico, la distancia entre electrodos es pequeña pues los rasgos normalmente se encuentran cerca de la superficie.

C) *Prospección magnética*

El reconocimiento magnético es por mucho la técnica de prospección más ampliamente usada en arqueología, quizá debido a su confiabilidad y fácil uso. Se basa en la medición de pequeños cambios en las propiedades magnéticas del terreno; está considerada como una técnica geofísica pasiva (figura 12).

Aun cuando se midieron estas propiedades y se hicieron algunas prospecciones magnéticas a principios de siglo, no fue sino hasta 1958 cuando Aitken (1958) aplicó el magnetometro de protones a la arqueología. El objetivo era detectar el magnetismo termorremanente producido por hornos y fuego, pero esos primeros experimentos mostraron nuevas posibilidades de aplicación para descubrir otros rasgos arqueológicos, con menos diferencias en su susceptibilidad magnética.

La teoría puede ser explicada en forma sencilla. El campo magnético total en cualquier punto de la superficie de la Tierra es la suma de variaciones locales (características

geológicas o arqueológicas), sumadas a las variaciones en la intensidad del campo magnético terrestre. Esto significa que el campo magnético total es distinto para cada punto geográfico y que puede ser medido con el magnetometro.

En arqueología, los magnetómetros más comunes son los de protones, capaces de medir pequeñas variaciones en la intensidad del campo magnético total. Con este equipo es posible registrar lecturas en distintos puntos de un sitio arqueológico; el recorrido sistemático de la superficie permitirá la interpretación final.

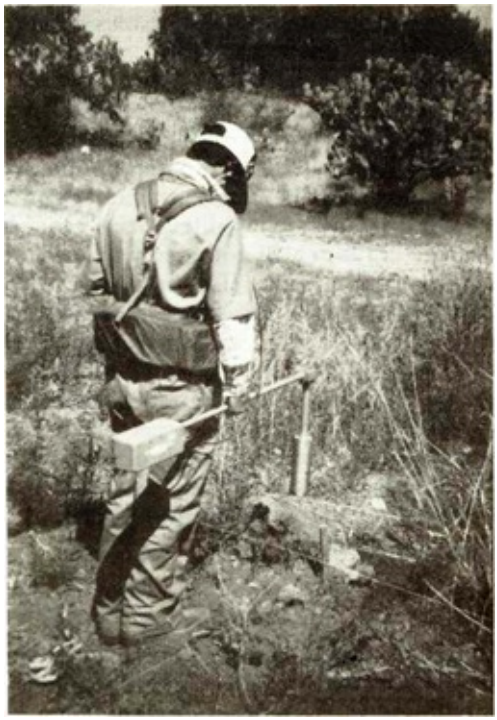


Figura 12. Uso del magnetómetro en Teotihuacan (Barba y Manzanilla, 1988).

Él magnetómetro detecta fácilmente los hornos debido al gran cambio de propiedades magnéticas que el fuego produce por la combinación de temperatura, minerales de hierro, tiempo y condiciones reductoras durante la combustión, que ocasionan cambios importantes en las partículas de hierro.

Éstas modifican su estructura atómica, adquieren fuertes propiedades magnéticas, y alinean los dipolos que las forman en la dirección del campo magnético notarial.

Estas huellas son fácilmente reconocibles debido a que están concentradas y el contraste magnético con sus alrededores es muy alto (Tite y Mullins, 1971).

No todos los rasgos arqueológicos tienen magnetización remanente; otra importante propiedad es la susceptibilidad magnética, característica de cada material, que puede definirse como la capacidad para magnetizarse. Según esta propiedad, si se miden las pequeñas diferencias en susceptibilidad magnética entre el rasgo arqueológico y su contexto, se descubren los rasgos arqueológicos (Linington, s.f.). Normalmente se presentan como rasgos concentrados, como los hornos y los hoyos, o rasgos lineales, como los muros y las trincheras.

Interpretar las anomalías (figura 13) es quizá el paso más importante en la prospección magnética; por lo tanto, es necesario considerar algunas influencias perturbadoras. Estas anomalías se desplazan un poco hacia el sur con respecto a su origen. En una curva de perfil normal existen dos aspectos asociados: un valor magnético mínimo hacia el norte junto con un valor máximo hacia el sur.

D) *Prospección química*

El análisis químico de los suelos es probablemente una de las técnicas de prospección menos usadas (figura 14), debido principalmente a que es un procedimiento que requiere mucho tiempo. Aun así, debido a su bajo costo, ha sido aplicado en diversos sitios desde que Arrhenius (1963; Cook y Heizer, 1965) la aplicó a la arqueología.

Entre estas técnicas, el análisis de fosfato es la más popular

de las herramientas químicas de prospección, pues este compuesto persiste en el suelo durante largos periodos. Debido a que las actividades humanas desechan en la superficie una gran cantidad de materiales que contienen este elemento, su acumulación puede ser detectada. El fósforo no es lo único que se acumula en las áreas de asentamiento humano. Existen al menos diez elementos que funcionan como indicadores químicos directamente asociados a actividades humanas. Además, hay otros que pueden ser usados de la misma forma que los geoquímicos y que se emplean para detectar depósitos minerales. Estas condiciones son propicias para utilizar los elementos químicos como indicadores en el estudio e interpretación de asentamientos humanos.

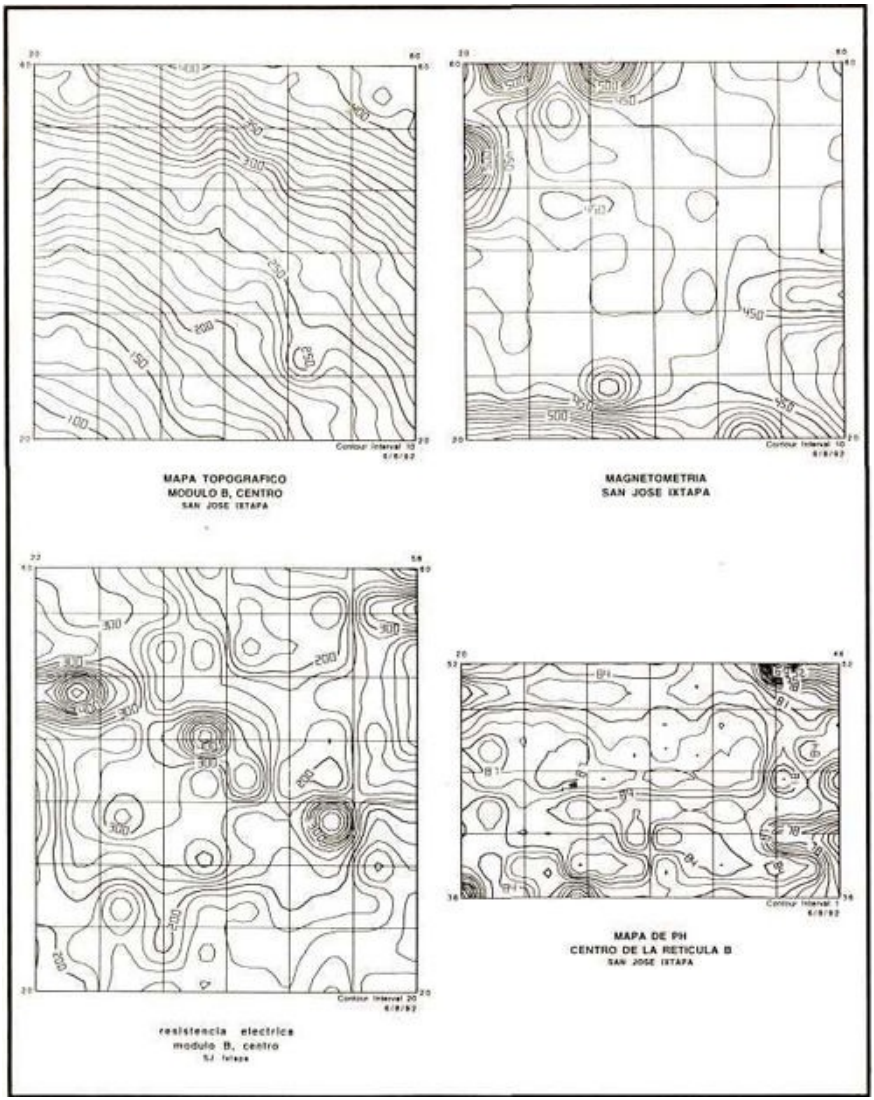


Figura 13. Ejemplos de mapas de resultados topográficos, magnéticos y eléctricos de San José Ixtapa.

Si revisamos el desarrollo del análisis de fosfato en la arqueología, veremos que fue tomado de los estudios del suelo para agronomía, donde sirve para predecir el comportamiento de plantas en relación con la fertilidad del suelo; este análisis es vina inversión redituable, por lo cual ha sido posible analizar miles de muestras. Fue así como Arrhenius (1963) descubrió la correlación entre las altas

concentraciones de este compuesto y los rasgos arqueológicos; sin embargo, no es fácil examinar muchas muestras en la arqueología. Más tarde, los geógrafos europeos utilizaron esta técnica en el estudio de asentamientos humanos, con métodos más simplificados. Así fue como el método analítico original se transformó en uno más simple y menos costoso, y quedó adaptado a los problemas y necesidades arqueológicos.

Figura 14. Toma de muestras para análisis químico, en La Venta, Tabasco. (Proyecto a cargo del ingeniero Joaquín García Barcena).

La idea de complementar los análisis químicos con otros datos apenas comienza a ser aceptada y parece ser la forma más eficiente de utilizar estas técnicas de prospección. La característica más importante de las herramientas químicas es su posibilidad de detectar rasgos invisibles, que aún después de una cuidadosa excavación son imposibles de apreciar. En excavaciones tradicionales y aun en las que incluyen técnicas modernas, se desperdicia importante información intrínseca porque no se incluye el análisis químico de suelo.

Aunque este análisis es también una parte muy importante en los estudios de prospección svi aplicación es difícil, por lo que es necesario usarlo en forma muy específica. Debido a que el contexto químico arqueológico es parte del ciclo geoquímico, es importante determinar sus características geoquímicas. Tales datos servirían para contrastar las anomalías químicas. Como hemos mencionado, el principio fundamental en que se sustenta esta aplicación es en el hecho de que las actividades humanas producen un enriquecimiento de elementos en las áreas en que se realizan.

Por medio del análisis químico se detectan áreas de altas concentraciones que contrastan con su contexto. Debido a la estabilidad del fosfato, se le considera prácticamente inmóvil. Aun cuando esto no es necesariamente cierto, es indudable la confiabilidad de esta técnica en la arqueología.

En cuanto a otros elementos, se está dando mayor atención al calcio, el hierro, el sodio y el cloro (cloruros), que pueden servir en la interpretación de las actividades humanas. Experimentos recientes con hierro y calcio, así como con otros compuestos como albúmina, carbohidratos y ácidos grasos efectuados en pisos de casas modernas, mostraron que sus concentraciones reflejan las actividades humanas y pueden ser interpretadas en términos arqueológicos (Barba y

Denis 1984).

El método más común para el análisis de fosfato fue desarrollado por R. C. Eidt (1973) y está basado en la generación de un color azul sobre papel filtro, y la intensidad del color está relacionada con la concentración de fosfatos (figura 15).

Debido a las altas concentraciones producidas por las actividades humanas, no es indispensable disponer de un método analítico muy preciso, ya que realmente sólo se pueden interpretar las grandes diferencias. De esta forma, los métodos cualitativos y semicuantitavos de análisis de fosfato son confiables para los propósitos arqueológicos, aun cuando algunos autores difieren en este punto (Bakkevig 1980).

Figura 15. Procesamiento de muestras en el Laboratorio Móvil de Prospección del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, en Coba, Quintana Roo (proyecto a cargo del arqueólogo. Antonio Benavides y la doctora Linda Manzanilla).

Otra forma de recuperar muestras para análisis es el uso de una perforadora, sobre todo en terrenos consolidados (figura 16).

Figura 16. Uso de la perforadora en Teotihuacan (proyecto a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

E) *Técnicas electromagnéticas*

Éste es un ejemplo de una técnica desarrollada con propósitos militares y que encontró otras interesantes aplicaciones. En la arqueología se ha intentado usar como sustituto de los métodos eléctricos, para evitar la tediosa actividad de insertar los electrodos en el terreno. Por desgracia, los primeros experimentos mostraron que, aunque teóricamente debe ser posible, los resultados en la práctica han sido insuficientes.

Debido a su capacidad para detectar metales conductores, ha sido muy útil en la detección de monedas y artefactos metálicos. Sin embargo, dado que los metales son escasos en Mesoamérica, su aplicación arqueológica en esta región es limitada.

Existe cierta aversión para usar detectores de metal en la arqueología —quizá porque se les asocia con el trabajo de los

buscadores de tesoros—; pero creemos que puede tener aplicaciones reales.

El uso se propone como una herramienta para minimizar las interferencias magnéticas causadas por la presencia de objetos metálicos (figura 17). Así, puede ser una ayuda para desechar anomalías indeseables y evitar errores de interpretación en la prospección magnética. Se pretende usarlo para sustituir equipo costoso, como los magnetómetros, o para evitar métodos tediosos, como la resistencia eléctrica. Sin embargo, en el primer caso su penetración es extremadamente limitada y en el segundo, estos equipos no son sensibles a pequeños cambios en la resistencia eléctrica, pero cada día la tecnología se acerca a estos objetivos.

Figura 17. Estudio electromagnético en La Venta, Tabasco (Barba 1988-173).

El principo de operación de este equipo está basado en los campos electromagnéticos que producen o reciben sus bobinas. Normalmente, la bobina de transmisión produce un campo electromagnético que penetra el suelo. Si un metal o cualquier conductor está ahí, el campo electromagnético genera corrientes parásitas, que a su vez producen un campo

electromagnético secundario que emerge desde el suelo y detecta la bobina de recepción. La señal se transforma en una indicación analógica o digital que permite las lecturas (Legal y Garre t, 1982).

Probablemente, uno de los empleos más al día de las técnicas de prospección ha sido patrocinado por la Fundación Lerici en Tarquinia (sitio etrusco de Italia) (Lerici, s.f.). Se trata de una necrópolis cuyas tumbas fueron excayadas en toba volcánica, a casi tres metros de profundidad. Ésta es un material homogéneo, por lo que teóricamente es posible encontrar un contraste significativo entre los huecos producidos por las fosas excavadas y su contexto. Se usaron diversas técnicas: magnetometría, resistencia eléctrica, muestreo de núcleos y la fotografía a través de un periscopio.

Una vez que la probable tumba fue localizada, un ingenioso equipo adaptado de un periscopio de sifbmarino se introdujo en el techo de la cámara a través de una perforación. De esta manera fue posible observar el interior y más tarde, gracias a la cámara, fotografiar el interior y registrar los contenidos, lo que permitió decidir si se excavaba.

Las aplicaciones más espectaculares y recientes de este tipo de técnicas han sido publicadas en varias revistas de difusión internacional. Se tiene el informe de los trabajos de un equipo de geofísicos y arqueólogos japoneses que, en 1987, estudiaron con radar los alrededores de la pirámide de Keops para localizar cámaras. Este descubrimiento dio lugar a otro estudio, también de amplia difusión: un proyecto egipcio-americano que intentó el análisis del aire encerrado en la cámara, supuestamente sellada, que contiene los restos de una barca solar, junto a la pirámide de Keops. Pero en realidad no estaba sellada completamente, por lo que el intento de recuperar aire para fechar y estudiar sus restos polínicos no

pudo concretarse. Sin embargo, fue de gran utilidad el uso del equipo de video introducido al interior de la cámara para registrar y verificar la presencia de la barca y sus partes, sin necesidad de abrirla y exponer la madera a un deterioro innecesario.

Esta pirámide ha sido muy estudiada desde los años cincuenta y se han aplicado varias técnicas, sin mayor éxito, para tratar de localizar cámaras ocultas en su interior; entre ellas, conteos de radiaciones cósmicas, así como técnicas magnéticas y gravimétricas.

De menor difusión fue el hallazgo de la tumba de los hijos de Ramsés II, en la cual se utilizaron técnicas magnetométricas. En el mismo caso, tal vez porque no se tienen resultados definitivos, están los estudios de imágenes de satélites procesadas por tecnología digital, por un grupo de científicos estadunidenses y egipcios. Se estudia el curso de corrientes subterráneas que acarrean las sales que afectan la tumba de Nefertari, debido a la gran cristalización en el interior de la cámara profusamente decorada. Se considera como una de las más bellas en el mundo.

En todo el mundo existen grupos que aplican técnicas de percepción remota a la arqueología. Los japoneses están utilizando su gran capacidad tecnológica, como lo muestra su participación en los estudios en Egipto. También se tiene noticia de grupos de trabajo bien establecidos en Italia, Inglaterra, Estados Unidos y, más recientemente, en Hungría, Bulgaria y Francia, que aplican estas técnicas con gran éxito.

En México, a partir de 1980 empieza a funcionar el Laboratorio de Prospección Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM (figuras 18 y 19), y desde ese momento comienza la recuperación del tiempo perdido con respecto a otros lugares que, en casos como

Inglaterra e Italia, habían comenzado a trabajar con estas técnicas 30 o 40 años antes. Las aplicaciones no han sido tan espectaculares como las ya mencionadas, pero han permitido acumular experiencias para formar personal, lo que difundirá el empleo de estos métodos en la arqueología mexicana.

La característica que distingue a este laboratorio es que integra técnicas geofísicas y químicas para el estudio de los sitios arqueológicos, hecho que le permite obtener resultados de gran importancia, aun sin contar con instrumentos de vanguardia tecnológica y de alto costo. La estrategia de trabajo del laboratorio consiste en integrar la mayor cantidad posible de pruebas sencillas, en lugar de tener sólo los datos de un instrumento costoso y tecnología avanzada. Otra herramienta de gran importancia en este procedimiento es la computadora, que permite el procesamiento inmediato de la información en el campo (figura 20).

Figura 18. Laboratorio móvil de prospección del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, a cargo del ingeniero Luis Barba, en Coba, Quintana Roo.

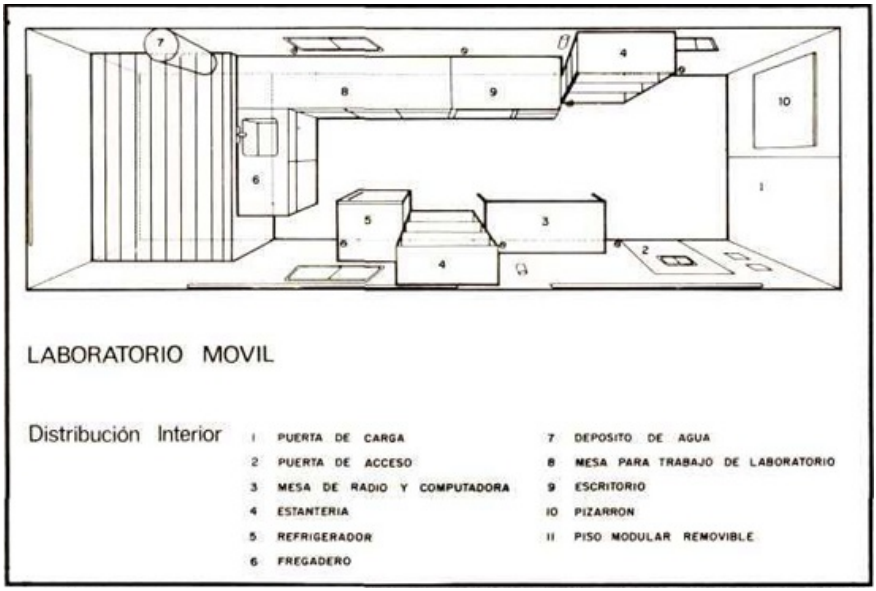


Figura 19. Plano de la distribución interior del Laboratorio móvil de prospección de la UNAM, diseñado por el ingeniero Luis Barba (Barba, 1989: 33).

Figura 20. Procesamiento de información por computadora a un costado del Laboratorio Móvil.

Este enfoque no es privativo del laboratorio y cambia según las condiciones de trabajo. Por ejemplo, los laboratorios de Europa oriental tienen formas de trabajo semejantes a las nuestras, las cuales, por razones obvias, son diferentes de las técnicas de los investigadores de Japón y Estados Unidos.

Como la forma de estudio es más integral, los resultados no

se reducen a la localización de cámaras o estructuras enterradas, sino que además permiten estudiar restos de casas-habitación y áreas de actividad circundantes. En vista de que todo asentamiento humano modifica el espacio que habita, las técnicas de prospección son muy útiles para detectar la presencia de restos que normalmente son estructuras con sus materiales derrumbados y dispersos, fragmentos de cerámica y la concentración de compuestos químicos acumulados en las cercanías del área.

En los pisos de las casas habitadas se ha comprobado que todos los desechos cotidianos producidos durante la preparación y consumo de alimentos se acumulan alrededor de las áreas de calentamiento. En consecuencia, se forma un patrón definido con las alteraciones físicas y químicas causadas por la presencia del fuego, que se ve rodeado por un segmento de anillo de los desechos de alimentos derramados sobre el piso y que paulatinamente han pasado a formar parte de él, fijándose en las partículas de tierra. De esta manera ha sido posible reconocer este tipo de patrones, casi siempre presentes en las unidades habitacionales.

Un ejemplo de la combinación de resultados geofísicos y químicos es la interpretación del sitio arqueológico de San José Ixtapa, en el Estado de México. Este sitio fue localizado debido a la presencia de manchas blancas en los terrenos de cultivo, en una fotografía aérea en blanco y negro. Posteriormente se examinó utilizando todas las técnicas de prospección disponibles, como topografía, recolección del material arqueológico de superficie, estudio magnético y eléctrico, toma de muestras superficiales de tierra para análisis químico y la perforación de pequeños sondeos para obtener información acerca de las capas inferiores. Los resultados de estos estudios indicaron la presencia de estructuras subterráneas hechas con cal; de muros de

contención divisorios hechos con piedra; de lugares de calentamiento con cambios drásticos en sus propiedades magnéticas y químicas y abundante presencia de carbón. En las cercanías de las áreas de calentamiento, los estudios de los materiales de superficie indicaron una gran concentración de fragmentos de cerámica con un recubrimiento exterior de lodo.

En resumen, la interpretación de los datos de este sitio arqueológico, que aún no ha sido excavado, indica que se trata de un lugar en donde se ha beneficiado el mineral cinabrio, que por medio de calentamiento en presencia de cal (y dentro de hornillos formados por dos vasijas embrocadas y unidas con una capa de lodo) produjeron mercurio como metal líquido.

Como puede apreciarse, con este tipo de estudios es posible saber un poco más de los sitios arqueológicos. Por ser una aproximación más integral, los resultados son más completos pues muestran los restos materiales y su posible uso.

II. Cirugía de la superficie de la Tierra

La excavación arqueológica puede ser comparada con una cirugía: a través de ella se pretende la detección, identificación, recuperación y documentación de contextos. Aquí, por *contexto* se entiende el conjunto de vestigios con relaciones intrínsecas entre ellos, depositados en una matriz de suelo, que representan un acto finito y discreto. El hecho de que ciertos factores estén asociados entre sí permite que el arqueólogo, en tanto que detective, identifique actividades y funciones.

La excavación también es destrucción. Como Mortimer Wheeler señalaba, cuando un arqueólogo excava es como si primero estuviese leyendo un manuscrito raro y único, y después de leerlo lo destruyese sistemáticamente, hoja por hoja. Así pues, la gran responsabilidad del arqueólogo es la precisión con la cual registra y "copia" las partes fundamentales de dicho "manuscrito".

Cuando la sociedad que se estudia estaba "viva", los utensilios eran parte de sistemas de comportamiento en espacios usados repetidamente. Un determinado tipo de utensilio tenía funciones distintas de acuerdo con el uso a que se destinara, fuera pasiva o activamente. Por ejemplo, un cuchillo de obsidiana tenía una función determinada en el taller donde se elaboró, otra en la zona de destazamiento en que fue usado y otra más en el entierro en el cual se depositó como ofrenda.

Al ser abandonado el sitio donde se llevaron a cabo las funciones de alguna sociedad los utensilios y las construcciones sufrieron derrumbes, destrucción, erosión, deposición, perturbación, modificación, rapiña y la acción de otros procesos naturales y culturales de transformación (Schiffer 1972).

El tipo de abandono del sitio influye también en el carácter de la información que puede recuperar el arqueólogo. En muchos sitios del Cercano Oriente (Manzanilla 1986a, capítulo VII) se tienen testimonios de abandonos súbitos debido a incendios, terremotos, asaltos, saqueos, inundaciones, erupciones y otros fenómenos que causaron una huida de la población, que se llevó consigo poco o nada de sus bienes. Así, las herramientas quedaron en los lugares donde fueron usadas por última vez. En Mesoamérica, por el contrario, el abandono fue paulatino, debido al deterioro del ambiente (salinización o baja de productividad de los suelos); cambios en el curso de los ríos o en las rutas de intercambio, movimientos mesiánicos, etcétera. En estos casos, la población tuvo tiempo de escoger algunos objetos para llevárselos. La cantidad y tipo de utensilios sustraídos de sus contextos de producción, uso o consumo dependieron de los medios de transporte, la distancia por recorrer, la intención de regresar al primer asentamiento, las actividades previstas para el futuro cercano, la facilidad de transportarlos, el costo del reemplazo y el valor (no siempre económico) que el objeto tenía dentro de ese sistema.

Quienes estudian los grupos cazadores-recolectores de tiempos pretéritos *(Le.* Flannery *et al.* 1986) se han encontrado con el problema de que, cuando aquéllos iban en sus correrías en busca de alimentos y materias primas dejaban evidencias de su paso en diversos puntos del territorio, distantes entre sí y difíciles de correlacionar, por lo que

resulta complicado tener una idea total de sus actividades. Cada sitio —campamento base, abrigos temporales en las rocas, cantera, lugar de destazamiento— ofrece una imagen parcial del rango total de actividades. Por lo tanto, primero es necesario localizar el mayor número de estos sitios arqueológicos potenciales, para así reconstruir el sistema regional de aprovechamiento de recursos. Después se establecen las relaciones que existan entre ellos, con el fin de insertarlos en ese patrón regional.

En asentamientos aldeanos sedentarios la gama de actividades se concentra territorialmente, de tal manera que la mayor parte de los trabajos de producción, almacenamiento, uso, consumo o desecho quedan representados en los espacios domésticos (Manzanilla, 1986b, figura 21). Frecuentemente, en sitios de clima caluroso, se hallan huellas de acciones humanas en los patios y espacios contiguos a las viviendas (Manzanilla, 1987), en particular de aquellos trabajos que implican mucho esfuerzo físico.

Figura 21. Recreación de la vida aldeana.

En los centros urbanos, además de los sectores de vivienda,

existen áreas destinadas al culto (figura 22), al gobierno, a las actividades de intercambio, a la administración y a otras instancias de la vida colectiva.

Así pues, el arqueólogo —como detective— tiene que localizar, registrar y analizar, sin discriminación, todas las huellas de actividad; la interpretación vendrá con el ensamblaje de las pistas concretas de acciones sociales en diversos órdenes de la vida colectiva.

A) ESTRATEGIA

En el capítulo anterior se abordó el tema de la radiografía de la superficie de la corteza terrestre que sirve para determinar el área que se va a excavar. A continuación desarrollaremos el tema de la estrategia que se debe seguir.

Figura 22. Templo de Quetzalcóatl en Teotihuacan, un ejemplo de construcción ritual.

En el caso de la radiografía, el sector que el arqueólogo elige para practicar su cirugía presenta características interesantes: los materiales cerámicos y Uticos señalan que abajo hubo ocupaciones humanas; la topografía marca microelevaciones que esconden estructuras colapsadas; las anomalías eléctricas y magnéticas denotan probables muros, zanjas, zonas de quemado, contrastes entre las actividades constructivas y la matriz en que están sepultas. La fotografía aérea mostró manchas (figura 23) de crecimiento diferencial de la vegetación; los análisis químicos revelaron concentraciones de fosfatos u otros compuestos indicadores de actividad humana.

Figura 23. Fotografía aérea del sector de Oztoyahualco, valle de Teotihuacan, que muestra la excavación de un conjunto residencial teotihuacano (a cargo de la doctora Linda Manzanilla) y las manchas de estructuras sepultas alrededor.

En primer lugar, debemos decidir la ubicación de nuestro banco de nivel, la mesa de registro, el sector de cernido de tierra y las áreas de circulación de la excavación. El banco marcará el plano nivelado desde donde restaremos las profundidades de nuestros hallazgos; es una medición altitudinal sobre el nivel del mar (o en raros casos, bajo el nivel del mar, particularmente en el Mar Muerto o en la arqueología subacuática). Debe estar fuera del área que se

pretende excavar, pero no muy lejos, en un punto alto desde donde se domine cualquier sector de trabajo y no debe estar en un camino o una zona de labranza. También tiene que estar fijo, sobre una pequeña plataforma de cemento, para poder regresar a él cuantas veces sea necesario.

La mesa de registro debe situarse fuera de la excavación (figura 24), en sectores sombreados y protegidos de los agentes climáticos. En ella se concentran los datos de descripción de bolsas de materiales arqueológicos, contextos, áreas de actividad, estructuras, capas estratigráficas, dibujos y fotos, en cédulas especiales. Todo el personal debe verter aquí la información por lo cual, la presencia de una computadora portátil hace más sencillo este trabajo.

Figura 24. Excavación de la aldea preclásica de Cuanalan, Estado de México (a cargo de la doctora Linda Manzanilla y la doctora Marcella Frangipane). Ubicación de la mesa de registro en el exterior del área de trabajo.

El sector de cernido de tierra se ubicará orientado de manera que los vientos predominantes no traigan de regreso la tierra (figura 25); ésta se tamizará con el fin de recuperar huesecillos, escamas, cuentas, esquirlas líticas y otros materiales de pequeñas dimensiones, los cuales difícilmente son rescatados en la excavación. La tierra ya cernida debe

acumularse en un área que no será posteriormente excavada y cerca de un camino donde pueda ser evacuada, en caso necesario. Si el sitio estuviere en una pendiente, el sector de cribado debe estar en la misma cota que el sitio excavado, para no tener que ir cuesta arriba o cuesta abajo.

Figura 25. Zona de cernido de tierra en Coba, Quintana Roo (proyecto a cargo del maestro Antonio Benavides y la doctora Linda Manzanilla).

La elección de las zonas de paso al interior de la zona de trabajo permitirá que los hallazgos expuestos no sean pisoteados o removidos de sus contextos antes de hacer los

registros pertinentes.

En segundo lugar, se debe elegir el tipo de unidad de excavación. En cirugía, esto equivaldría a decidir si se va a practicar una incisión longitudinal o cuadrangular, si se va a perforar profundo o a remover progresivamente capas de piel hasta llegar al órgano.

Las incisiones profundas se llaman pozos o calas. Teóricamente son excavaciones que revelarán secuencias verticales de depósitos. Al perforar se tiene en mente el principio básico de la estratigrafía: los estratos más profundos son los más antiguos. Sin embargo, los pozos tienen el inconveniente de que son altamente destructivos, ya que destruyen contextos no hay control de variables topográficas y geomorfológicas y no permiten correlación con otras unidades. En casos especiales se pueden usar las calas o trincheras perpendicularmente para estructuras lineales como zanjas, canales, caminos o rampas, con el fin de obtener secciones y evaluar las técnicas constructivas.

Las excavaciones amplias, en las que se pretende correlacionar horizontalmente los contextos, reciben el nombre de excavaciones extensivas. Estas requieren de una retícula con sistemas de coordenadas para registrar todo lo que aparece; después hablaremos sobre el tema. El principio básico que domina en este tipo de trabajo es el de asociación: los utensilios y desechos cercanos entre sí y ubicados dentro de espacios concretos tendrán significados funcionales específicos. Por lo tanto, durante la "cirugía", se debe tener mucho cuidado en la detección, registro y descripción de estas asociaciones.

B) HERRAMIENTAS

Un rubro de especial importancia es el de las herramientas: el buen cirujano debe saber cuándo usar una u otra. Si el investigador se enfrenta a grandes volúmenes de tierra, piedra y escombro acumulados para elevar una construcción (rellenos o nivelaciones), no requiere de instrumental fino, pues el criterio de asociación significativa no se cumple para esos materiales. La tierra puede provenir de sectores aledaños y haber sido producto de la remoción o perturbación de ocupaciones humanas precedentes.

Imaginemos, por ejemplo, la construcción de una gran plataforma de nivelación o la cortina de una presa. Para crearlas hay que acumular tierra excavándola de sitios no lejanos. Por lo tanto, si en ese terreno circundante hubiese huellas de sitios arqueológicos, los materiales cerámicos, líticos, óseos, etcétera, serían transportados fuera de su contexto original (pri-mario) y serían reubicados en otro (la plataforma o la presa) como materiales sin asociación significativa (contextos secundarios").

Pongamos ahora el caso siguiente: después de la remoción de una primera capa de suelo hallamos finalmente un piso, luego muros asociados formando cuartos y contextos asociados a los pisos. Los tipos de sectores que más predominan en los sitios arqueológicos son los domésticos. Por lo tanto, debemos esperar que comiencen a aparecer fogones, basureros, áreas de cocina, áreas de estancia, sectores de trabajo artesanal, entierros, patios, etcétera. En cada uno de estos contextos aparecerán herramientas, desechos, materias primas y productos elaborados en asociaciones significativas. El arqueólogo debe limpiarlos cuidadosamente, con el fin de observar esos patrones de asociación.

La limpieza se hace normalmente con cucharillas de albañil, brochas de diversos tamaños, martillitos para romper

terrones, recogedores y cubetas (figura 26). Para remover muy lentamente la tierra adherida, en el caso de hallar materiales más suaves como hueso, asta o concha, se usan estiques, perillas de aire e instrumental de dentista. Si fuesen manufacturas muy delicadas, como cestería, madera o textiles, en ocasiones conviene hacer fraguados en yeso y llevar al laboratorio todo el bloque de tierra con el material, porque a menudo se deshace en dicho proceso. En ocasiones el arqueólogo detecta solamente el "fantasma" de algo que estuvo enterrado: la silueta de un esqueleto descompuesto por la acidez del suelo, el negativo de una canasta, las improntas de un textil sobre un piso de tierra, etcétera. La fotografía, la topografía y quizá el dibujo son los únicos registros que se podrían hacer.

Figura 26. Herramientas con que generalmente excavan los arqueólogos (proyecto de estudio de la vida doméstica en Teotihuacan, a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

Con frecuencia es necesario aplicar .técnicas de "primeros auxilios" a los materiales arqueológicos recién excavados. Como ya estaban adaptados a su ambiente sepulto, en la oscuridad, a temperatura y humedad constantes, al momento de exponerlos a la intemperie sufren una exposición violenta a la luz, a la insolación, a la desecación consecuente,

fenómenos que hacen frágil su estructura e inician su proceso de deterioro. Por lo tanto, el arqueólogo tiene que tratar con cuidado los materiales frágiles: consolidar con resinas reversibles los materiales que se estén desgajando (figura 27), mantener en su medio a aquellos que sufren el impacto del cambio, conservar secos los metales, dar soporte a los objetos alargados y delgados, conservar húmedos los materiales orgánicos, eliminar las sales que cristalizan al evaporarse la humedad en el interior de los objetos, etcétera.

Debido al medio en el que se efectúan las excavaciones, la arqueología subacuática requiere de herramientas propias. Además de los equipos convencionales de buceo y navegación, se necesitan mangueras de alta y baja presión, aspiradoras, perforadores, cajas para subir los materiales, cámaras subacuáticas de descompresión, teléfonos subacuáticos, pizarras para mensajes, cámaras fotográficas especiales y retículas de acero.

Figura 27. Conservación de materiales frágiles en el campo (sitio de Oztoyahualco, valle de Teotihuacan, a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

C) COORDENADAS DE REFERENCIA

Una de las herramientas básicas de registro es la retícula de referencia sobre la excavación. Esta divide al área de trabajo en cuadros de dimensiones constantes y sirve como eje de coordenadas para ubicar cualquier objeto, área de actividad o estructura que surja en el trabajo (figura 28). Al extender esta retícula también se pueden correlacionar diversas áreas entre sí mediante un mismo sistema de referencia.

Figura 28. Retícula sobre el sitio de Cuanalan, Estado de México. Excavación de contextos domésticos del Preclásico (proyecto a cargo de la doctora Marcella Frangipane y la doctora Linda Manzanilla).

Los ejes principales de la retícula deben estar colocados ya sea hacia los puntos cardinales o hacia la orientación preferencial de la arquitectura antigua del lugar. Generalmente una nomenclatura que incluya *nortes* (en el eje de las Y) y *estes* (en el de las X) facilita la ubicación.

Se debe tener cuidado de que las unidades de la retícula sean cuadrados (y no rombos), por lo cual hay que trazar un triángulo rectángulo para después extenderlo hacia el norte y el este. Por otra parte, la retícula debe estar nivelada en un plano; si el sitio se encuentra en una pendiente, las unidades cuadradas deberán trazarse con la ayuda de un nivel.

Algunas argucias técnicas para tender la retícula incluyen: usar pijas plásticas con el fin de que las medidas magnéticas no se alteren; plantar las pijas a 20 cm del borde de la excavación para que los sostenes de los hilos no caigan en la zona trabajada al profundizarse; usar hilo elástico de sección cilindrica para que si alguien se tropieza con él, no se rompa y regrese a su sitio.

Las tres coordenadas que requiere cualquier material para ser localizado son: X, Y y Z. Las dos primeras proceden de las

coordenadas en la retícula: se ubica el cuadro en el que fue hallado el objeto (por ejemplo, N307 E282), se toma la medida en X y en Y en relación con el origen del cuadro (en la esquina suroeste), para lo cual se usan flexómetros o metros ple-gables y plomadas. La coordenada de profundidad (Z) se tiene ubicando la capa estratigráfica en la que se encuentra y añadiendo una lectura negativa respecto al banco de nivel de la excavación. Generalmente se usa para este fin un nivel con tripié, que descansa sobre la plataforma del banco de nivel, y sobre el material, un estadal o flexómetro rígido.

Las mediciones tridimensionales tienen sentido cuando se trata de objetos que se encuentran sobre pisos, asociados a áreas de actividad o entierros, situados en contextos significativos en cuanto a su relación con otras herramientas, desechos o materias primas. Existen muchos otros objetos que forman parte de rellenos o nivelaciones, y que por estar fuera de sus contextos originales, no deben ser medidos tridimensionalmente. Recordemos que uno de los objetivos primordiales del arqueólogo es reconocer patrones de distribución que representen actividades del pasado.

D) ESTRATIGRAFÍA

Si recordamos cómo surge la arqueología en el siglo pasado, debemos dar crédito a la estratigrafía. Los geólogos que deambulaban por Europa recolectando fósiles detectaron que algunos restos óseos estaban asociados a herramientas de manufactura humana. Los que se encontraban en estratos más antiguos, eran más tempranos. El principio de sucesión estratigráfica marca, pues, el inicio de la cronología relativa.

En un sitio arqueológico existen estratos de origen natural (producto del abandono, como serían acarreos eólicos, niveles

de inundación, coluviones, cenizas volcánicas, suelos, aluviones, etcétera) y estratos de origen cultural (producto de la acción del hombre: terraplenes, nivelaciones, terrazas, pisos de ocupación, etcétera).

En la estratigrafía natural existen, según Harris (1977), cuatro leyes: la de superposición (los estratos más antiguos son los más profundos); la de tendencia a la horizontalidad original (los materiales acarreados por el viento, el agua o la gravedad se acumulan en forma horizontal); la de continuidad original (excepto por procesos posteriores, los estratos son continuos) y la de asociación faunística (las capas contendrán restos de fauna representativa de la época, clima, condiciones ambientales, etcétera).

A diferencia de esto, la estratigrafía cultural puede tener contactos verticales (muros, cimientos); no siempre tiene unidades litificadas; los vestigios no necesariamente fechan un estrato como lo hace la fauna, ya que puede haber reuso o acarreo de los objetos, y no se trata de fenómenos universales (la intervención del hombre en el paisaje es específica, figura 29).

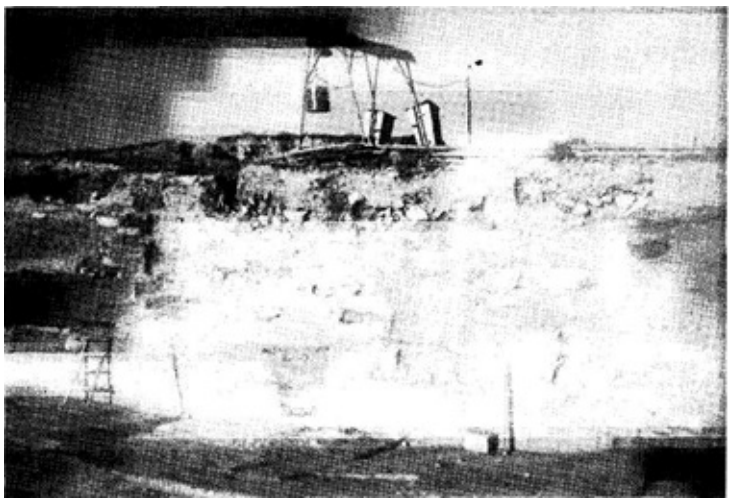


Figura 29. Estratigrafía del sitio de Arslantepé, Turquía oriental. Ocupaciones pertenecientes a la Edad del Bronce y del Hierro (proyecto a cargo de la doctora Alba Palmieri, cortesía de la doctora Linda

Manzanilla).

El reconocimiento de estratos durante la excavación se basa en criterios que proceden de la edafología y la sedimentologia: profundidad, tipo de contacto, reacción a ciertos reactivos, estructura, desarrollo, color, consistencia, cementación, textura, características del esqueleto; existencia de películas, grietas o fisuras, concreciones, nódulos y manchas; y la actividad animal (figura 30).

Figura 30. Descripción edafológica en un perfil del sitio de Coba, Quintana Roo, por la bióloga Lourdes Aguirre (proyecto a cargo del maestro Antonio Benavides y la doctora Linda Manzanilla).

Los estratos arqueológicos pueden ser descritos por sus contornos limítrofes (qué intruyen, sobre qué descansan), cotas, volumen y masa, dimensiones, materiales asociados, posición estratigráfica y cronología relativa. Según Harris (1977), las unidades arqueológicas pueden ser huecos (trincheras, zanjas, puentes, hoyos) o sólidos (muros, montículos, rellenos). Una de las tareas del arqueólogo es dilucidar el orden en que fueron construidas, depositadas o

excavadas estas unidades.

Por otro lado, existen diversos factores que complican la estratigrafía. En primer 'lugar están aquellos que dificultan el reconocimiento de los contactos entre los estratos: procesos de intemperismo y lixiviación, formación de suelos, acción de lombrices y otros animales, paso de la gente, etcétera. En segundo lugar, en subsuelos de arena, grava o rocas permeables se forman elementos naturales que simulan rasgos arqueológicos: los hoyos de disolución semejan hoyos de poste, las fisuras parecen zanjas. En tercer lugar, existen estratos imbricados (como los rellenos de los canales naturales, en los que las lentículas se apoyan parcialmente una encima de otra) donde se deben definir los extremos de las lentículas. En cuarto lugar, está el problema de considerar el *estrato estéril,* es decir, uno que pueda tener más abajo otros materiales arqueológicos; a menudo se trata de aluviones o cenizas volcánicas que al caer destruyeron ocupaciones anteriores.

Cuando se presentan problemas de distinción de contactos entre estratos pueden ser de ayuda las lámparas de Wood o de luz ultravioleta (luz negra); así, los restos de materia orgánica se activan con la radiación y producen fluorescencia. También se puede utilizar luz infrarroja, luz amarilla de sodio o técnicas de realce de color.

P. Barker (1977) ha señalado algunos principios y reglas de la excavación. Entre los principios están: registrar y remover cada estrato o rasgo en el orden inverso a su deposición o construcción, en un área tan extensa como sea posible; registrar elementos o estratos con tanto detalle como sea necesario para reconstruir el sitio, estrato por estrato, cada uno con sus rasgos y elementos; considerar que todos los rasgos observables son igualmente significativos hasta que se

pruebe lo contrario.

Entre las reglas, Barker señala las siguientes: excavar, registrar y cribar un estrato a la vez; exponer los rasgos de un estrato para entenderlo como un todo; excavar de una zona de estratificación más complicada a una de menor complejidad; afrontar horizontalmente, de arriba hacia abajo, todo problema de excavación (no hacerlo lateralmente); excavar primero la parte más alta; proceder y avanzar en un movimiento de espaldas para no pisotear superficies recién limpiadas y para distinguir cambios inmediatamente después de haberlos excavado; excavar en una misina dirección; y limpiar escrupulosamente esta superficie.

E) DETERMINACIÓN DE CONTEXTOS

Consideramos que la unidad mínima significativa del contexto arqueológico es el área de actividad porque revela patrones de comportamiento; ésta se define como la concentración y asociación de materias primas, instrumentos, desechos macroscópicos o invisibles (como los compuestos químicos) en superficies o volúmenes específicos. A un nivel social, la unidad mínima sería la doméstica, es decir, el área de residencia de un grupo determinado y sus áreas de actividad, entendiéndose por grupo doméstico a los individuos que comparten el mismo espacio físico para comer, dormir, descansar, crecer y procrear (Lastell, 1972, en Manzanilla 1986b: 14). La excavación extensiva debe considerar como unidad mínima el área que ocupa una unidad doméstica, como entidad de producción y de consumo.

La excavación de áreas habitacionales requiere de paciencia y rigor en el registro (figura 31), (Manzanilla, 1993). A

menudo los pisos son de tierra apisonada y los muros de adobe. Al colapsarse éstos, resulta una masa informe en el interior de los cuartos. A menudo es difícil diferenciar el colapsamiento de los restos de los muros *in situ.*

Otro problema es que frecuentemente los sitios habitacionales son asentamientos en donde se encuentran numerosas ocupaciones superpuestas, durante largos periodos. Esto hace que las obras emprendidas por cierto grupo perturben las ocupaciones anteriores (fosas de entierro, zanjas, pozos de almacenamiento, hoyos de basura y cimientos, construcción de terrazas o montículos). Uno de los ejemplos más sobresalientes de este fenómeno es el *tell (tepe* o *hüyük)* del Cercano Oriente: un montículo artificial formado por la acumulación sucesiva de milenios de ocupación en el mismo punto (figura 32). La superposición en un *tell* puede ser total, parcial y discontinua.

Figura 31. Excavación de sectores domésticos en el sitio maya de Coba, Quintana Roo (proyecto a cargo del maestro Antonio Benavides y la doctora Linda Manzanilla).

Los factores que determinan la elección de un sitio para ubicar un asentamiento de cierta continitidad son: la

existencia de tierras agrícolas cercanas o recursos hidrológicos perennes, la posición estratégica o ventajosa para la defensa, la presencia de fuentes de materias primas y la cercanía a las rutas principales de comunicación.

Al iniciar la excavación de contextos domésticos es necesario, en primer lugar, determinar si nos encontramos en espacios abiertos (patios, plazas, calles, caminos, campos de cultivo, huertos) o techados (casas, almacenes, talleres, santuarios, palacios, ciudadelas, construcciones administrativas, escuelas, mercados). En el segundo caso, la asociación de artefactos, desechos y materias primas nos revelará funciones significativas. Los materiales arqueológicos se pueden hallar en contextos de aprovisionamiento, de preparación y producción, de usoconsumo, de almacenamiento o de desecho (Schiffer 1972; Manzanilla, 1986b: 11-13). Para ejemplificar los contextos de aprovisionamiento nos referiremos a las canteras, yacimientos y minas donde se encuentran áreas de actividad relacionadas con los procesos de extracción y canteado, pero también sitios de caza, pesca, pastoreo y cultivo, fcos contextos de preparación y producción incluirían zonas de destazamiento, molienda y cocción de alimentos, además de la presencia de talleres. Los contextos de uso-consumo pueden relacionarse con la subsistencia (áreas de consumo de alimentos, corrales), con la circulación e intercambio (mercados), con la esfera política (palacios y fortalezas) y con el ámbito ideológico (tumbas, santuarios, templos). Los contextos de almacenamiento incluyen pozos, graneros, trojes, cuartos, cajas y ollas (Manzanilla, 1988). Los contextos de evacuación y desecho se refieren a basureros y hoyos destinados para ese fin.

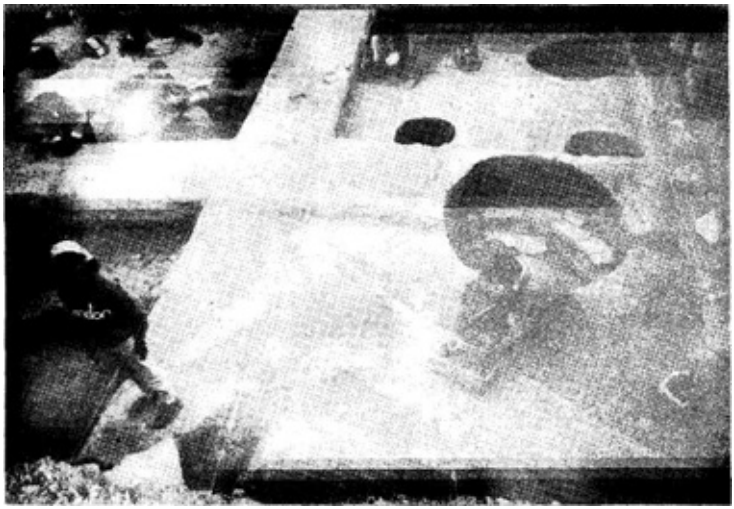


Figura 32. El *tell* de Arslantepé, Turquía oriental (proyecto a cargo de la doctora Alba Palmieri, cortesía de la doctora Linda Manzanilla).

Según K. Flannery (1976), el estudio de actividades en los sitios habitacionales nos proporciona datos sobre la especialización del trabajo al interior del asentamiento; así, distingue entre actividades:

a) De carácter universal (compartidas por todos los grupos domésticos),

b) restringidas a ciertos conjuntos domésticos en cada asentamiento,

c) de especialización regional (que aparecen en ciertos conjuntos domésticos en algunos asentamientos),

d) especializaciones únicas (detectadas solamente en un asentamiento).

La excavación de cuevas requiere de vina planificación distinta de la de áreas domésticas en sitios abiertos. Generalmente son ocupadas por grupos trashumantes que dejan rastros de sus actividades en ellas. Sin embargo, también son visitadas por animales —en muchos casos carroñeros y carnívoros (hienas, chacales, osos, buhos, leones)— que en ocasiones dejan señales de su existencia. La

línea de goteo de la cueva representa el umbral que separa el sector techado del abierto. Sin embargo, muchas actividades de las bandas de cazadores-recolectores se llevaban a efecto en las terrazas frente a las cuevas o en los taludes. En estos últimos, los procesos de erosión, coluvión y transporte frecuentemente mezclan o invierten las estratigrafías, por lo que es difícil correlacionar la información procedente del interior de la cueva con aquella del exterior.

La excavación de sitios monumentales-requiere de un conocimiento especial de arquitectura e ingeniería. Antes que nada se debe delimitar la masa de la estructura de los espacios en los que se llevaron a cabo las actividades (figura 33). La masa (frecuentemente una plataforma o montículo) representa lo que hemos denominado *contextos secundarios.* Los materiales de relleno están fuera de sus contextos originales, por lo tanto, no sirven para fechar directamente la estructura.

Generalmente, los palacios y templos se limpian con el fin de determinar la ubicación de los accesos (rampas, escalinatas), la presencia de estructuras anexas, la existencia de frisos o cornisas caídas, el trazo de los muros externos, etcétera. Al excavar en el interior de la masa, el arqueólogo pretende determinar la existencia de subestructuras, las características del relleno, la presencia de sistemas de contención, etcétera.

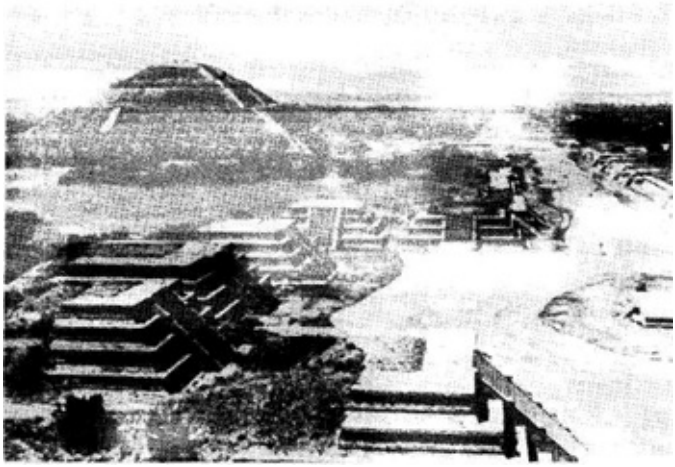


Figura 33. Vista de Teotihuacan (plataformas de sustentación de los templos).

F) REGISTRO

Como señalamos anteriormente, el registro tridimensional es aplicado a aquellos materiales sobre superficies de ocupación (pisos, apisonados, etcétera) y dentro de áreas de actividad. En ocasiones es suficiente el dibujo detallado de los objetos en relación con las estructuras, ya que del dibujo se infieren las asociaciones (sólo faltaría la medida de profundidad). Para el resto de los materiales, basta proporcionar el cuadro y la capa en los que fue hallado el material.

Una de las formas de registro más importantes es la fotografía en blanco y negro y de color, ya que da mejor cuenta de la realidad de los contextos tal como están cuando son limpiados por los arqueólogos. Se pueden tomar desde globos aerostáticos, árboles, torres, escaleras de bomberos o andamios de aluminio. El uso de escalas de referencia, flechas dirigidas al norte y pizarrones de letras móviles permiten la ubicación espacial y contextual de la foto. Las fotos oblicuas de cortes estratigráficos y paredes de excavación, a distintas

horas del día y con filtros diversos, revelan detalles que quizá no se aprecian a simple vista. .

El dibujo es un medio para destacar asociaciones, estructuras, cortes y estratigrafías que permiten ubicar con mayor precisión el contexto en que fueron hallados los objetos. Un dibujo debe llevar siempre un título, una escala gráfica (con el fin de manejar dimensiones reales) y un señalamiento del norte. Los dibujos de planta (figura 34) ponen en evidencia la relación entre estructuras y áreas de actividad, y dentro de éstas, los diversos objetos que las integran; cada nivel de ocupación requiere de una planta. Los cortes o secciones permiten entender la dimensión vertical, es decir, la superposición de estratos y la forma de unidades huecas y sólidas (figura 35). En arqueología, en lo que se refiere a la estructura, se

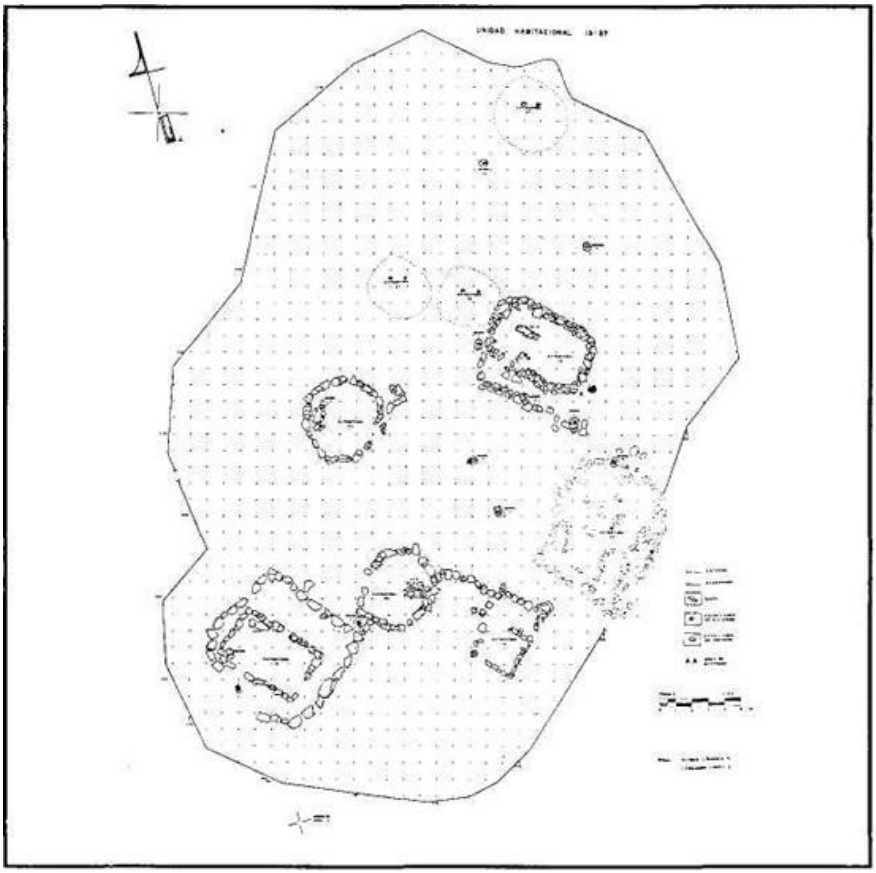


Figura 34. Plano de una unidad habitacional maya en el sitio de Coba, Quintana Roo (excavación del maestro Antonio Benavides y la doctora Linda Manzanilla) (Manzanilla, 1987).

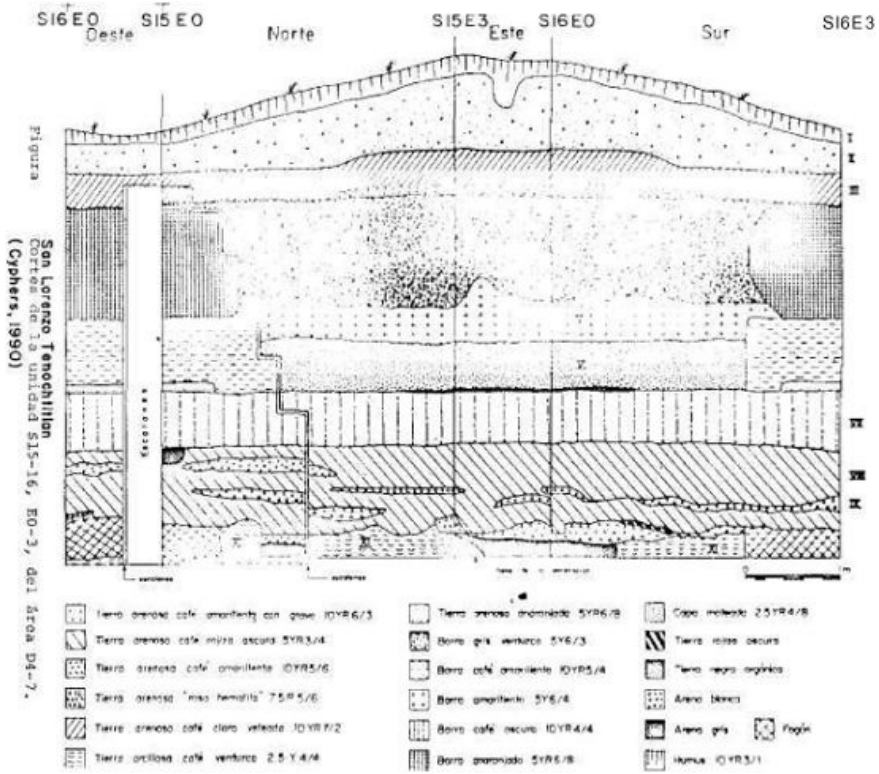


Figura 35. Dibujo de una sección estratigráfica del sitio olmeca de San Lorenzo Tenochtiüan (proyecto a cargo de la doctora Ann Cyphers) (Cyphers, 1990).

usan escalas 1:20, y para detalles: de 1:5 (es decir, que un centímetro del dibujo corresponde a cinco centímetros de la realidad). También se hacen perspectivas para interpretar los contextos que estamos estudiando e insertar los objetos en los lugares donde fueron hallados (figura 36). Este tipo de dibujo da una buena idea de cómo pudo haber sido la estructura cuando fue usada.

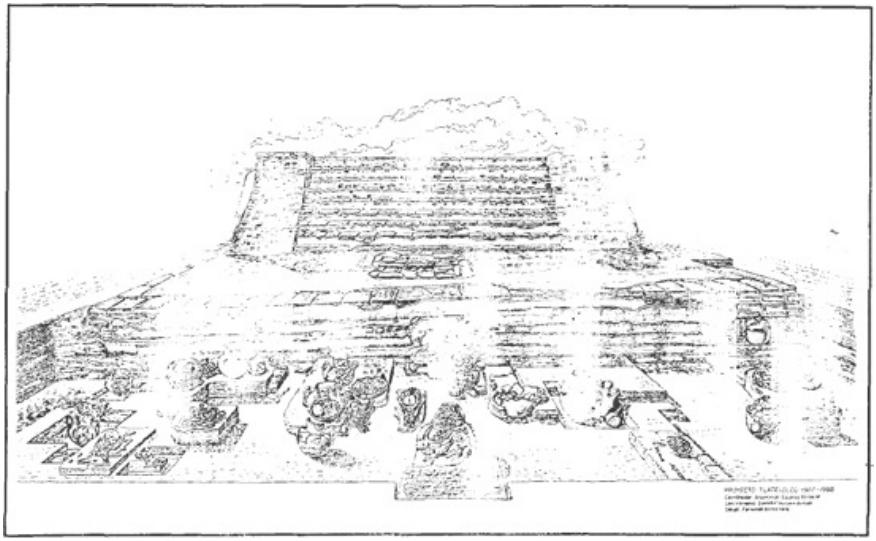
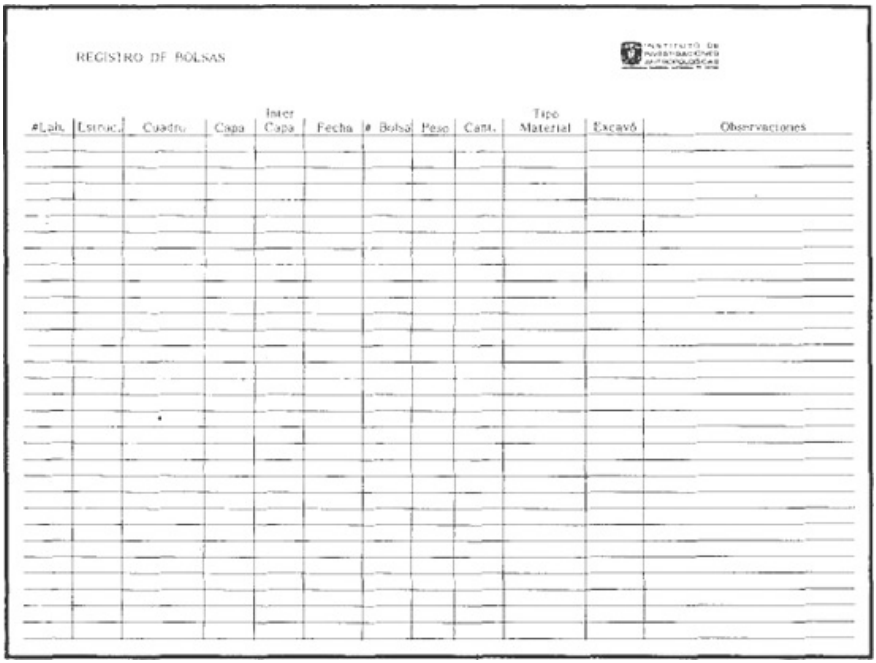


Figura 36. Un templo mexica en Tlatelolco, con sus ofrendas (cortesía del profesor Eduardo Matos Moctezuma, dibujo de Fernando Botas.

La descripción de bolsas de material arqueológico (figura 37), capas, áreas de actividad (figura 38), entierros y estructuras se hace en formularios especiales para ser llenados conforme



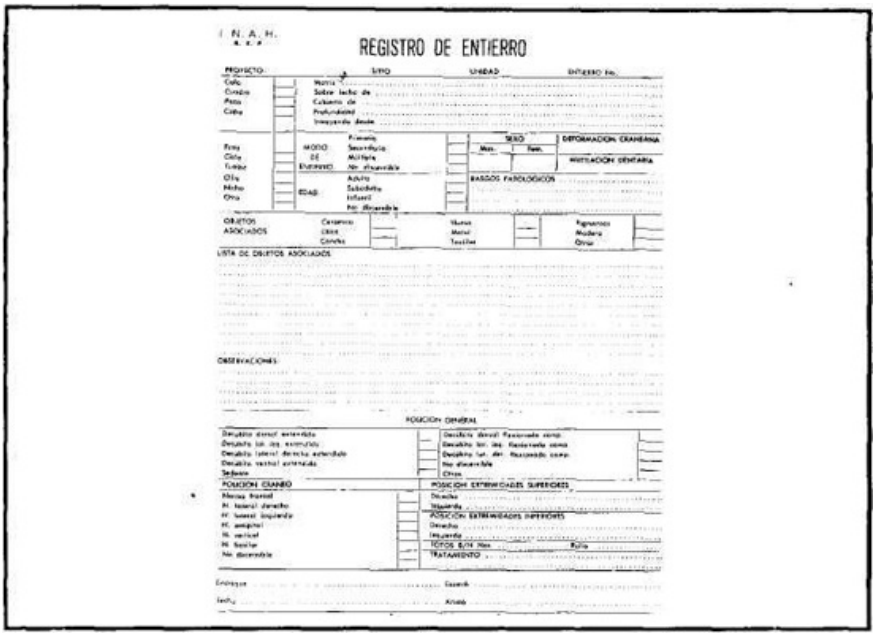
REGISTRO DE BOLSAS

#Lab.	Estruc.	Cuadro	Capa	Inter Capa	Fecha	# Bolsa	Peso	Cant.	Tipo Material	Excavó	Observaciones

Figura 37. Hoja de registro para las bolsas* de materiales arqueológicos procedentes de la excavación.

se avanza en la excavación. Cada formulario lleva una numeración progresiva para el mismo sitio. En las áreas de actividad, las entradas básicas para describirlas son: ubicación, contexto, delimitación, forma, contenido, asociación, posible función, agentes de perturbación y muestras tomadas (figura 39). Para los cuartos de una estructura se requieren datos del espacio techado (dimensiones, orientación del acceso, forma, materiales constructivos), muros (dimensiones), vanos (dimensiones y orientación), pisos (descripción y profundidad), rellenos, existencia o no de escalinata y áreas de actividad asociadas (figura 40).

Vemos, pues, que la cirugía del sitio arqueológico requiere de rigurosos procesos de limpieza, delimitación, ubicación, registro y descripción. Así, las diversas pistas de las actividades del pasado son integradas a un gigantesco rompecabezas de interpretación sincrónica (una foto instantánea del comportamiento de una sociedad en un momento dado) y diacrónica (los cambios de comportamiento a través del tiempo de las diversas sociedades de una región).


I. N. A. H.

REGISTRO DE ENTIERRO

PROYECTO | TIPO | UNIDAD | ENTIERRO No.

Cista
Cráneo
Pecho
Cabe

Forma
Sobre lecho de
Cubierta de
Profundidad
Inmiscuido desde

Pelvis
Clavic
Fémur
Húmero
Olecr
Mitad
Otros

MODO DE ENTIERRO: Primario, Secundario, Múltiple, No discernible

EDAD: Adulto, Subadulto, Infantil, No discernible

SEXO: Masc., Fem.

DEFORMACION CRANEANA

MUTILACION DENTARIA

RASGOS PATOLOGICOS

OBJETOS ASOCIADOS: Cerámica, Obsid., Concha, Hueso, Metal, Textiles, Pigmentos, Madera, Otros

LISTA DE OBJETOS ASOCIADOS

OBSERVACIONES

POSICION GENERAL

Decúbito dorsal extendido
Decúbito lat. der. extendido
Decúbito lateral derecho extendido
Decúbito ventral extendido
Sedente
Decúbito dorsal flexionado sobre
Decúbito lat. izq. flexionado sobre
Decúbito lat. der. flexionado sobre
No discernible
Otros

POSICION CRANEO

Mirada frontal
M. lateral derecho
M. lateral izquierda
M. sagital
M. vertical
M. basilar
No discernible

POSICION EXTREMIDADES SUPERIORES: Derecha, Izquierda

POSICION EXTREMIDADES INFERIORES: Derecha, Izquierda

TOTOS S/N Nos. Ruina

TRATAMIENTO

Embalaje
Fecha
Guardó
Anotó

Figura 38. Hoja de registro de entierros.

AREA DE ACTIVIDAD

FORMA DE REGISTRO

Proyecto Sitio Temporada

Unidad Cuadro Nomenclatura

A) Ubicación

Especial: X de P
Y de P
Z de P

Capa

B) Contexto

Descansa sobre

Situación en relación a la unidad de habitación:

Cimiento interno Externo

Distancia al muro de la casa no.

Ubicación

C) Delimitación

Diámetro (d)

Espesor

D) Forma

E) Contenido

a) Sedimento de la matriz

b) Estratificación

c) Elementos macroscópicos (descripción y distribución)

d) Elementos microscópicos

e) Densidad de componentes

F) Asociación

G) Posible Función

H) Agentes de Perturbación

I) Muestras

Figura 39. Hoja de registro de áreas de actividad.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS

Proyecto
Sitio
Temporada

FORMA DE ESTRUCTURA

No.

Ubicación

1.- ESTRUCTURA

	Plataforma	Habitación
a. largo		
b. ancho		
c. altura		
d. orientación acceso		
e. forma		
f. materiales constructivos		
		g. área techada

2 MUROS

a. anchura
b. altura
c. no. de hiladas

3. VANOS

a. anchura
b. altura
c. profundidad

4. PISOS

a. descripción
b. profundidad
c. rellenos

5. RELLENO

a. tipo
b. grosor

6. ESCALINATA

a. no. de gradas
b. ubicación
c. largo
d. ancho
e. altura

7. AREAS DE ACTIVIDAD ASOCIADAS

Fotos: Dibujos: Excavó:

Figura 40. Hoja de registro de las estructuras.

III. Análisis y diagnóstico

A) ANÁLISIS DE LA CERÁMICA

El arqueólogo es un investigador que se dedica a reconstruir las actividades y los procesos de cambio de las sociedades del pasado. Después de observar las asociaciones significativas de herramientas, materias primas y estructuras en los sitios arqueológicos, clasifica estos materiales según la materia prima, la técnica de manufactura, el acabado, la forma, la decoración y la función. La tipología arqueológica generalmente se hace macroscópicamente y el arqueólogo pretende derivar de ella la procedencia de los materiales, las diferencias tecnológicas entre talleres distintos, los estilos de fabricación propios del grupo, la función de los contextos a través del análisis funcional de los utensilios, etcétera.

En la actualidad esto se considera como la primera etapa de un largo proceso de análisis que incluye etapas con técnicas específicas (véase Manzanilla *et al.* 1991). La cerámica es quizá el material más frecuente en los contextos arqueológicos, así es que comenzaremos con él.

1. *Estudios macroscópicos*

El estudio macroscópico de la cerámica arqueológica requiere de una secuencia de pasos que, en primer lugar, permiten discriminar entre industrias elaboradas con materias primas distintas; en segundo lugar, determinar el aspecto tecnológico por la técnica de manufactura; en tercer

lugar, relacionar la función con la forma y el acabado del objeto, y por último, permitiría abordar problemas estilísticos gracias a la decoración (figura 41).

Para la cerámica, tratamos los siguientes aspectos:

a) Pasta. Después de romper una sección del tiesto, se observa qué tan porosa y compacta es la pasta, qué tan fina o gruesa es su textura y el tipo de inclusiones no plásticas que tiene (arena, mica, concha molida, tiestos molidos, etcétera) (figura 42).

b) Color de la sección transversal. En la sección transversal se puede observar si la cerámica fue cocida en atmósfera oxidante, reductora o en ambas (en este último caso puede ser que el exterior esté oxidado pero el interior reducido, o viceversa). En muchas ocasiones se detecta una banda profunda de reducción entre dos bandas externas (hacia las paredes externa e interna) de oxidación; esto ocurre frecuentemente cuando la pasta es muy densa y el oxígeno no alcanza el núcleo del tiesto.

c) Acabado. Dentro de las técnicas de manufactura, se distinguen aquéllas que se emplean para formar la pieza (modelado a mano, enrollado, moldeado o torneado, las cuales se usaron en Mesoamérica) y las que se utilizan para dar un acabado a la vasija (alisado, pulido y bruñido). En ocasiones, estas últimas están en relación con la función a la que está destinado el recipiente: si va a contener líquidos debe tener un acabado que impermeabilice la superficie; si va servir para cocer alimentos tendrá características que permitan la mejor conducción del calor y disminuyan el choque térmico.

Figura 41. Vasija de almacenamiento procedente de Teotihuacan (excavaciones de la doctora Linda Manzanilla).

d) Color. En ocasiones se aplica encima de la pasta un engobe que consiste de arcilla más fina, mezclada con pigmento. Sin embargo, el color de un recipiente depende no sólo de la aplicación de esta capa, sino de la cocción misma, y las tonalidades varían según la atmósfera a la que fue cocido.

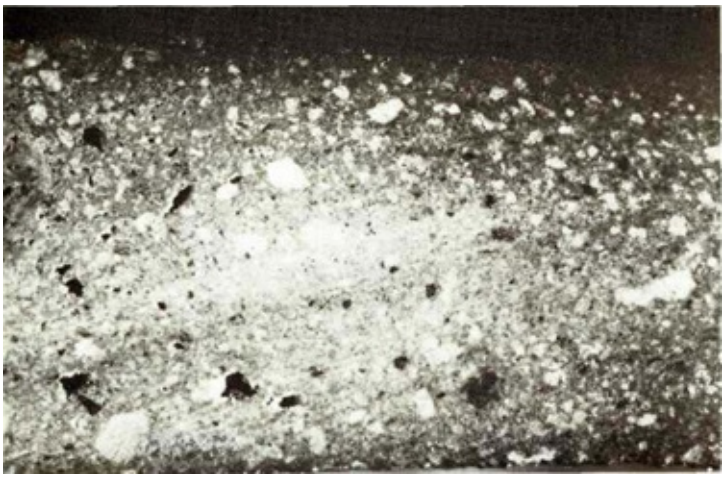


Figura 42. Sección transversal de un fragmento de cerámica de Teotihuacan.

e) Forma. La forma de la cerámica en general depende de la función a la que está destinado el objeto. Así, las ánforas y grandes ollas sirven para almacenarlo transportar agua o alimentos; las ollas medianas y los comales, para cocerlos; los platos, cajetes y cuencos son vasijas de servicio, sea para consumir los alimentos, o para ofrendarlos; los braseros sirven para encender fuego y colocar encima las ollas y comales; los incensarios se usan para sahumar con copal, etcétera.

f) Decoración. Aunque ésta puede tener relación con su destino ritual, también hay objetos domésticos de uso diario que están decorados. La decoración puede ser incisa, grabada o excavada, pintada, al pastillaje, etcétera.

2) *Propiedades cerámicas y químicas*

Si se quiere analizar la arcilla se hacen plaquetas y se practican algunas pruebas químicas de fosfatos, carbonatos, pH y color, además de calcular agua de plasticidad, pérdida de humedad, contracción, color y textura final después de la cocción. Estas pruebas son de utilidad cuando se desea averiguar el uso de la arcilla en la fabricación de cierta cerámica.

3) *Propiedades mecánicas*

a) Ensayo de compresión. En las pruebas de compresión se manifiesta la resistencia mecánica que presenta un material cuando se aplica cierta carga sobre él. Esta carga debe ser un esfuerzo normal concentrado; por esta razón, se procura que las probetas cumplan la relación de longitud/diámetro igual a 1.5, para y evitar que la probeta se pandee cuando no actúa como columna, lo cual puede ocasionar fallas.

Las pruebas de compresión se realizan en una máquina Instron (figura 43) donde la muestra se somete a una carga axial normal. Entre otras cosas, esta máquina proporciona gráficas como las de deformación *vs* carga. La velocidad de aplicación de la carga influye en la mayor o menor capacidad del material para soportar el esfuerzo hasta la ruptura.

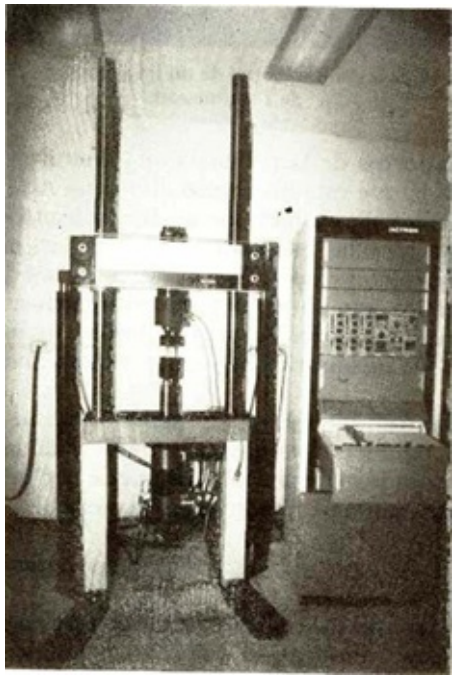


Figura 43. Máquina Instron para pruebas de compresión.

Para formar las probetas se cortan porciones de cerámica de forma paralelepípeda con una cortadora de disco de diamante. Posteriormente se desbastan con lijas de agua hasta formar cilindros con una relación entre el diámetro y la altura cercana a 1.5. Estas pruebas informan sobre el comportamiento probable del material cerámico bajo algunas condiciones de uso.

b) Ensayo de impacto. El ensayo de impacto es una prueba mecánica en la que se cuantifica la energía que absorbe un material antes de provocar su ruptura (figura 44). La máquina

cuenta con un péndulo de masa fija; éste se coloca a una altura determinada, que equivale a una energía potencial inicial. Luego, se deja caer libremente hasta que choque con la muestra, la cual, al romperse, absorbe parte de la energía del péndulo. La diferencia entre la energía inicial y la energía absorbida por la muestra se cuantifica directamente en la carátula del equipo, en unidades de energía (joules). En este caso también se requiere preparar previamente las probetas para formar paralelepípedos de dimensiones normalizadas.

Figura 44. Máquina para el ensayo de impacto.

Para relacionar la energía absorbida con el área de sección transversal es necesario determinar las dimensiones del paralelepípedo en el punto de fractura. Como la cerámica es un material tradicionalmente frágil, la energía absorbida por las probetas es normalmente baja; esto hace que los equipos sean relativamente pequeños.

c) Dilatometría. La dilatometría es una técnica de estudio

de las transformaciones de fase en materiales sólidos (figura 45). Por medio de incrementos controlados de temperatura se cuantifica si el material manifiesta variaciones en su longitud y a qué temperatura se presentan las dilataciones o contracciones, según el cambio en las pendientes de las curvas.

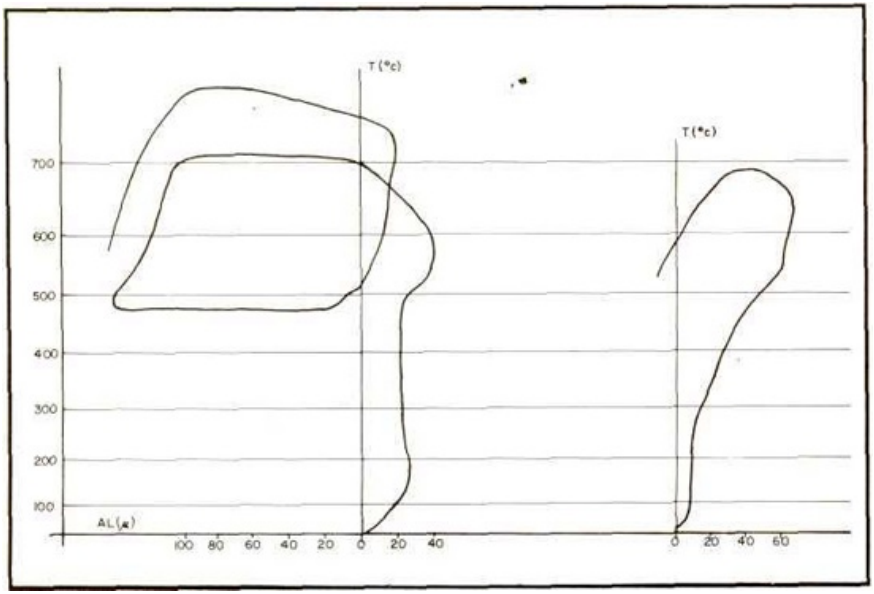


Figura 45. Dos ejemplos de curvas dilatométricas antes y después del recocido de la cerámica (Barba, 1981: 45).

El equipo empleado en este trabajo se llama dilatómetro y cuenta con un tubo de cuarzo en donde se coloca un sensor de longitud, la probeta y un termopar. La probeta tiene dimensiones específicas, determinadas por el diseño del equipo.

Para preparar las probetas también se parte de paralelepípedos que, por medio de desbaste con lijas, adquieren la forma final de cilindros. Las muestras se someten a un secado previo de 11 horas a 100°C para evaporar el exceso de agua que adquirieron durante la preparación. Por medio del sensor de longitud se puede obtener una gráfica representativa de las variaciones de

longitud de la probeta debidas al incremento de temperatura. El equipo cuenta con dos opciones de velocidad de calentamiento. Así, en las ordenadas de la gráfica se presenta la temperatura y en las abscisas, las diferencias de longitud. Con estos datos es posible determinar la temperatura a la que el alfarero antiguo calentó su cerámica.

4) *Difracción de rayos X*

Esta técnica se usa para identificar y determinar las características cristalinas de las arcillas. Su principio básico consiste en que cada sustancia cristalina tiene una estructura atómica particular que difracta los rayos X con un patrón también característico. Generalmente se requiere de una pequeña cantidad del material. Se usa para el estudio de arcillas y materiales cristalinos y es una herramienta útil para el análisis preliminar de cerámicas (figura 46).

5) *Espectrometría Mössbauer*

La base del efecto Mössbauer es la emisión sin retroceso de rayos gamma por núcleos radiactivos y la subsecuente absorción resonante de estos rayos gamma por otros núcleos del mismo isótopo en el estado fundamental. En el estudio de arcillas y cerámicas por Mössbauer sólo se obtiene información del hierro. La importancia de este estudio está en el conocimiento detallado que proporciona tanto de la química del hierro en las arcillas y sus estructuras, como del tratamiento térmico efectuado para fabricar el producto final cerámico.

El espectro Mössbauer, originado por la interacción eléctrica entre el núcleo y la vecindad *química* es típicamente un doblete; cada doblete se caracteriza por el corrimiento

isomérico y el desdoblamiento cuadripolar, q'ue también proporciona datos sobre la temperatura de cocción y la composición de la arcilla original.

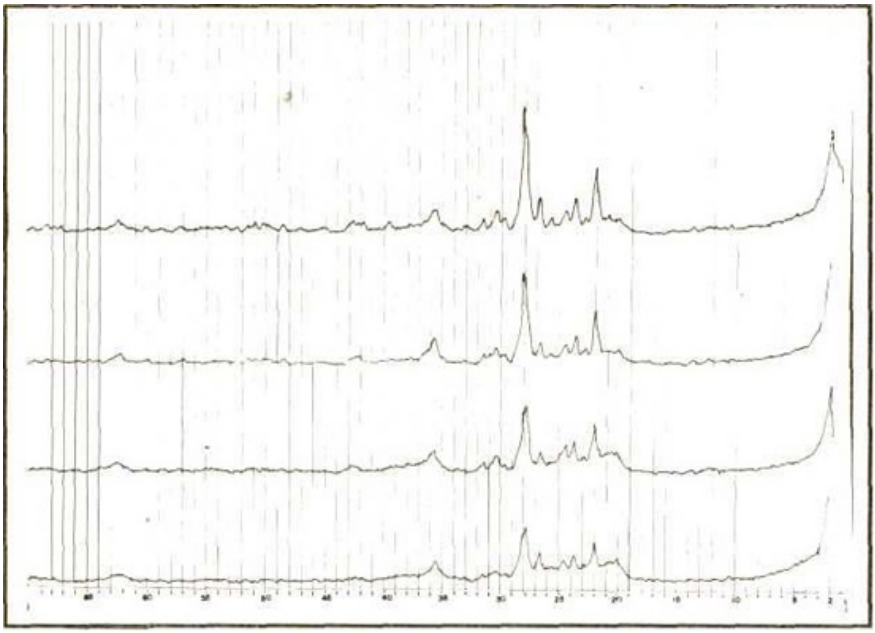


Figura 46. Ejemplos de difractogramas de cuatro arcillas de Veracruz y Teotihuacan (Manzanilla *et ai* 1991).

6) *Propiedades magnéticas*

En estudios de identificación y caracterización de materiales arqueológicos, particularmente de fragmentos de cerámica, se ha empleado con aparente éxito una serie de relaciones entre varios criterios magnéticos. Entre éstos se encuentran principalmente aquellos que dependen:

a) de la cantidad y tipo de minerales magnéticos como es el caso de la susceptibilidad;

b) de la concentración y tipo de minerales y de la intensidad del campo geomagnético, tal como la intensidad de magnetización remanente natural (MRN);

c) del tipo y tamaño de grano de los minerales, como

sería la coercitividad; y

d) del tipo de dominio magnético de los minerales portadores del registro como ocurre con la diferencia de coercitividades entre las magnetizaciones de laboratorio y naturales.

Así, algunos de los criterios magnéticos están más relacionados con el tipo de material empleado en la cerámica, mientras que otros dependen del tiempo de cocción, de las condiciones locales y métodos de preparación, además de la función a que fue destinada la pieza.

7) *Residuos orgánicos e inorgánicos en la cerámica*

Existe información bibliográfica muy reciente acerca de las sustancias impregnadas en los poros de la cerámica. Los primeros informes en 1976 ya mencionan que con la cromatografía de gases se identificó el aceite de oliva que contenían unas ánforas que se recuperaron de un naufragio. La combinación de la cromatografía y la espectrometría de masas es la más utilizada para estudios de material orgánico en la cerámica, y hasta el momento se han identificado resinas, miel y aceites.

En años recientes se ha trabajado con pruebas orgánicas sencillas para identificar estos compuestos, para los cual no ha sido necesario contar con equipos costosos.

Una de las preocupaciones de la investigación arqueológica es determinar la función de los utensilios, pero hasta el momento la mayor parte de las soluciones, en lo que respecta a la cerámica, se ha dado a través de la extrapolación de formas del presente al pasado. Los residuos orgánicos en la cerámica aportan pruebas sobre el uso a que fueron destinadas las vasijas.

Es necesario contar con una colección de cerámica que haya sido previamente clasificada y estudiada, y que plantee hipótesis bien definidas respecto del uso, para contrastarlas con los resultados químicos. Este estudio utiliza técnicas sencillas, en su primera etapa, y posteriormente, cuando ya se han identificado los compuestos, recurre a la ayuda de análisis instrumentales para una identificación más precisa.

Las pruebas que hasta el momento se han realizado demuestran que los compuestos orgánicos están presentes en los poros de la cerámica y que se pueden identificar ácidos grasos y carbohidratos con cierta facilidad. La albúmina es un compuesto que, al parecer, permanece más tiempo y por lo general es abundante. Estos resultados, combinados con datos de pH, de fosfatos y de carbonates permiten reconocer diferentes usos de las formas y los tipos cerámicos.

Según las interpretaciones, la presencia de compuestos orgánicos revela la existencia de actividades relacionadas con la preparación y consumo de alimentos. Los ácidos grasos residuales tuvieron que formar parte de aceites y grasas; de la misma manera, la albúmina residual debió formar parte de algunas proteínas. Los carbohidratos también indican la presencia de ciertos alimentos, como los tubérculos y cereales.

Por otro lado, hay compuestos inorgánicos, como los fosfatos y los carbonates, que ya han demostrado su utilidad para interpretar actividades humanas (particularmente en el estudio químico de pisos de habitación); combinados con el pH y las pruebas orgánicas anteriores, informan de las sustancias que estuvieron en contacto con la cerámica, con lo cual es posible inferir el uso.

B) ANÁLISIS DE LA LÍTICA

Desde tiempos prehistóricos el hombre utilizó los objetos de piedra para abastecerse de alimento. En el estudio de estos utensilios también se pueden seguir ciertos pasos:

1) Tipología. El análisis tipológico de material lítico tiene una larga tradición en la arqueología (Manzanilla, 1987b) y se basa en la materia prima en que fueron elaborados (sílex, obsidiana, pedernal, basalto, etcétera), las técnicas de trabajo, la función y la forma (figura 47). La distribución de los objetos destinados a usos distintos nos habla de áreas de actividad relativas al uso; sin embargo, por los materiales líticos también se identifican áreas de manufactura de cuchillos, puntas de proyectil, raspadores, raederas, perforadores, navajillas, etcétera.

2) Procedencia de la materia prima. A través de estudios petrográficos y de activación neutrónica es posible definir de dónde procede la roca o mineral sobre la cual fue elaborado determinado instrumento. En particular para la obsidiana se han establecido redes interxegionales de intercambio con estas técnicas.

Figura 47. Punta de proyectil de obsidiana.

3) Huellas de uso. Uno de los aportes más significativos

al análisis de la función de una herramienta es el estudio de las huellas que sobre ésta dejó una determinada actividad repetida (figura 48). A recientes fechas se ha desarrollado toda una rama de la arqueología experimental dedicada a reproducir las herramientas líticas y a usarlas en actividades específicas, para así evaluar las huellas que dejan sobre su superficie, y compararlas con los ejemplares arqueo lógicos.

4) Residuos orgánicos en la lítica. Otro campo de muy reciente auge es el estudio de los residuos orgánicos, particularmente cristales de hemoglobina, en los utensilios. Cuando un animal es destazado, microcristales de hemoglobina de su sangre pueden quedar atrapados en las zonas de las herramientas que fueron usadas. Cada forma de los cristales es característica de una especie. También se ha averiguado el tipo de determinado tejido, pelo, plumas y otros materiales de origen orgánico (Loy, 1983).

Figura 48. Comparación entre un filo de lírica sin usar y otro con huellas de uso.

Además, de los restos de material adherido a los bordes de los utensilios líticos se hacen estudios inmunológicos de poblaciones antiguas, estudios de isótopos estables en poblaciones tanto humanas como animales para determinar dieta, condiciones ambientales y características bioquímicas de moléculas derivadas de tejidos, como el colesterol.

Existen muchos otros tipos de materiales arqueológicos que pueden ser analizados de la misma manera. Por ejemplo, los objetos de metal, las astas, los hueso, las concha, la cestería, etcétera, requieren de análisis específicos. También se puede determinar la procedencia, la técnica de manufactura, y el probable uso o función.

Los materiales de origen orgánico (polen, fitolitos, macrofósiles botánicos y faunísticos) permiten, además, establecer qué recursos existían en la región, cuáles fueron realmente explotados y para qué fines, qué otros provenían de redes de intercambio, y cuál era el paleoclima de la región.

C) TÉCNICAS DE FECHAMIENTO

Para establecer la cronología de los acontecimientos representados en el registro arqueológico, el investigador depende de los laboratorios de fechamiento, que, a través de propiedades físicas y biológicas, nos determinan la edad aproximada. Mencionaremos brevemente algunas de estas técnicas y los principios en los que se basan.

1) *Hidratacion de obsidiana*

La obsidiana es un vidrio volcánico que se forma por enfriamiento rápido del material fundido. La técnica de hidratacion de la obsidiana se basa en la asimilación de agua

por parte del objeto, la cual proviene del ambiente de, enterramiento en que se encuentra. La obsidiana enterrada se transforma en perlita debido a la humedad del suelo, convirtiéndose así en una forma más estable (García Barcena, 1974).

Después de pesar la herramienta de obsidiana en una balanza, se corta una sección transversal para observarla al microscopio; entonces se mide el grueso de la capa de perlita para ver cuánto tiempo ha estado enterrado el objeto. La capa hidratada aparece como una banda más oscura, cuyo espesor es medido.

El límite de tiempo para fechar con esta técnica es de 300 años como mínimo y 500 000 años como máximo.

Existen otras técnicas que dependen del intercambio con el medio ambiente y que se basan en los mismos principios: la racemización de aminoácidos y el contenido de flúor en el hueso.

2) *Dendrocronología*

Es una técnica de fechamiento que depende de las condiciones climáticas. El tronco de un árbol aumenta de diámetro y cada año forma un anillo que consta de dos partes: una zona de madera más clara y blanda que señala la temporada de lluvias, y una zona más dura y oscura, producto de la época de secas. El anillo externo muestra el año en que fue cortado el árbol; contando hacia el centro sabremos cuántos años transcurrieron desde el nacimiento del árbol hasta la fecha de corte. No todos los anillos de crecimiento son iguales, ya que existen variaciones en la precipitación y temperatura. Las secuencias de anillos son características de una región, por lo que árboles que nacieron en años distintos tienen partes de secuencias que se pueden comparar y

yuxtaponer.

Generalmente se ha trabajado con las especies *Pinus aristata,* que ha registrado fechas del 5300 a.c. al presente, y la *Sequoia.* Estas especies se encuentran en la región sudoeste de Estados Unidos, de donde se ha obtenido el mayor cúmulo de información.

3) *Varvas*

El principio en que se basa esta técnica son los ciclos anuales de congelamiento y deshielo de los lagos situados cerca de un glaciar. Las varvas son los materiales arrastrados que, anualmente, dependiendo de la estación del año, producen una capa delgada y una capa gruesa. En primavera los sedimentos son de tamaño heterogéneo; en el verano existe una sedimentación de partículas más grandes, en el otoño la corriente de agua disminuye y también el aporte de material sólido al lago, y en el invierno se congela. En esta técnica, por lo tanto, es el factor climático el que predomina.

4) *Trazas de fisión del uranio*

El uranio posee radiactividad tradicional en la relación uranio/plomo, es decir, existen isótopos radiactivos del uranio que terminan en elementos estables como el plomo. También tiene fisión espontánea en el U^{238}, U^{235} y el Th^{232}, en los cuales los átomos pesados se pueden romper en dos. Al suceder esto, se imprimen trazas sobre materiales cercanos, las cuales pueden ser medidas (figura 49).

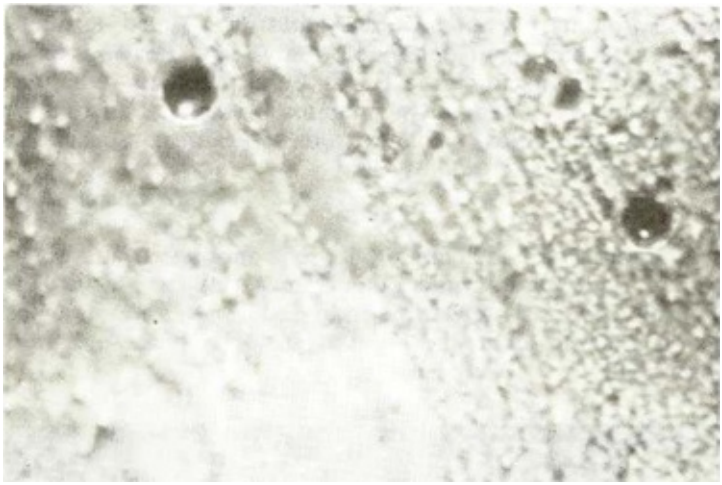


Figura 49. Huella circular (traza de fisión) de un impacto de una partícula (cortesía del doctor Guillermo Espinosa). ,.

Un mineral tiene una banda de perturbación ocasionada por las fisiones de 30 A de diámetro que se puede apreciar en el microscopio electrónico. Cuando los materiales arqueológicos o geológicos se encuentran sepultos en medios ricos en uranio, reciben esas trazas de fisión sobre su superficie; la técnica de datación se basa en la densidad de las trazas, ya que a mayor tiempo de enterramiento, mayor densidad.

Por medio de esta técnica se pueden datar cenizas volcánicas, basalto submarino, vidrio volcánico (obsidiana), cristales de apatita, zirconio, biotita, etcétera. El rango temporal que abarca es desde el Pleistoceno hasta algunos miles de millones de años.

5) *Potasio/argón*

El isótopo potasio 40 existe en abundancia en la corteza terrestre. Como todo isótopo radiactivo se desintegra hasta llegar a elementos estables. Nos interesa en particular el argón 40, que ha sido transmitido a la atmósfera por erosión y calentamiento.

Por medio de esta técnica de fechamiento se hace salir el argón presente en las rocas y se mide su espectro de masa. Con esta técnica se pueden medir desde 1 000 años atrás hasta la fecha de formación de la Tierra. En arqueología se ha usado particularmente en los yacimientos africanos relativos a los primeros homínidos, fechando tobas volcánicas asociadas a cráneos de *Homo* y *Australopithecus.*

6) *Radiocarbono*

Un laboratorio de fechamiento debe proporcionar al arqueólogo un dato que lo ayude a determinar o ubicar un sitio, un utensilio o un rasgo en un periodo dado, para así evaluar los acontecimientos ocurridos en el lugar que se está estudiando (figura 50).

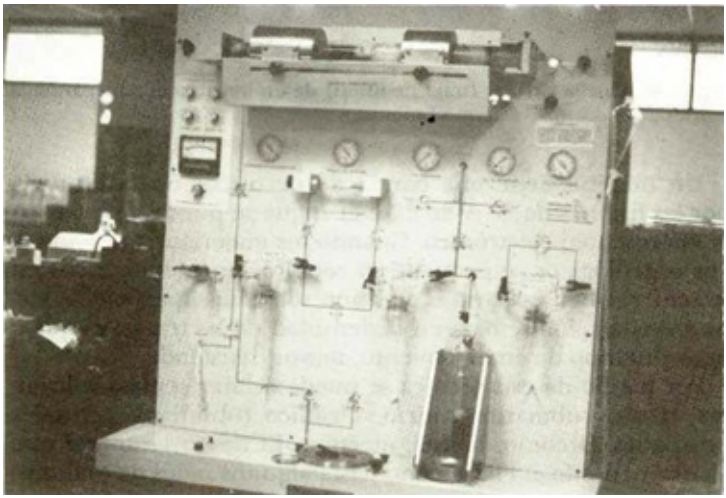


Figura 50. Sintetizador de benceno del Laboratorio de Radiocarbono del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM (Barba, 1981: 13).

La determinación de la edad de una muestra se fundamenta en la cuantificación de su contenido de carbono 14 (C 14), uno de los isótopos del carbono llamado también radiocarbono. Es un isótopo radiactivo que se caracteriza por tener un núcleo que se transforma en otro elemento que

emite electrones a una velocidad determinada. Este isótopo se forma en las capas externas de la Tierra, por acción de los neutrones que provienen de las radiaciones cósmicas, sobre el núcleo del elemento nitrógeno. Al formarse el C 14, se mezcla con el oxígeno para dar origen al bióxido de carbono (CO_2), el cual se difunde a través de la biosfera, troposfera y océanos; de este modo los seres vivos gozan de una concentración de equilibrio conocida. Cuando sobreviene la muerte, el intercambio de átomos de carbono radiactivo (respiración, alimentación, fotosíntesis) se interrumpe y los átomos restantes empiezan a decaer en una proporción tal, que su cantidad inicial se reduce a la mitad al cabo de 5 730 años.

En el caso contrario se dice que el átomo es inestable o radiactivo. La radiactividad es la propiedad que poseen los núcleos de los átomos de desintegrarse espontáneamente, perdiendo energía y alguna de las partículas que forman su núcleo.

En general, los núcleos radiactivos se desintegran a una velocidad característica de cada elemento, sin importar la temperatura o presión a que son expuestos, ni sus combinaciones químicas o su estado físico. La mayoría de los elementos radiactivos tienen una velocidad de desintegración muy alta y en pocos días, meses o años pierden sus propiedades radiactivas. Son aproximadamente 20 los núcleos de átomos que se desintegran a velocidades menores y que se usan para fechamientos; entre ellos se encuentra el potasio 40, el uranio 235 y el carbono 14.

Si tomamos una cantidad dada de cualquier elemento radiactivo y medimos el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de la cantidad inicial, estaremos determinando el tiempo de vida media de ese elemento radiactivo. En esta forma, al transcurrir un tiempo de vida media se pierde la

mitad de los átomos presentes originalmente; cuando se cumplen dos tiempos de vida media sólo resta la cuarta parte de la cantidad original y así sucesivamente, hasta que después de siete vidas medias es despreciable la cantidad restante. En este punto, la cantidad residual del isótopo radiactivo C 14 es V128 con respecto a la cantidad inicial. Esta cantidad de material radiactivo es muy difícil de detectar por los métodos convencionales y por lo tanto, éste es el límite práctico para el método de fecha-miento por carbono 14. Por lo general se fijan 40 000 años como límite (5 570 x 7 = 39 990 años). Este fenómeno tiene un comportamiento que se representa mediante una ecuación exponencial que es aplicable a cualquier elemento radiactivo. La ecuación es como sigue:

$$Nt = Noe\text{-}lt \qquad (1)$$

en donde:

Nt = número de átomos radiactivos presentes al tiempo t.

No = número de átomos radiactivos presentes originalmente,

e = 2.7183,

1 = velocidad de desintegración, $(l = \frac{0.6932}{t^{1/2}})$

t = tiempo transcurrido,

$t^{1/2}$ = tiempo de vida media del elemento utilizado.

Formación y distribución del radiocarbono

El carbono es un elemento químico que existe en la naturaleza y que tiene tres isótopos: dos de ellos son estables (el C 12 y el C 13) mientras que el isótopo C 14 es radiactivo. El isótopo C 14 se forma de las capas de la atmósfera más alejadas de la superficie de la Tierra, en las que la proporción de nitrógeno es mayor y donde se reciben directamente las

radiaciones cósmicas que provienen del espacio exterior. Estas radiaciones son de neutrones, y al chocar con átomos de nitrógeno forman el carbono 14.

Así, un elemento estable con siete protones, siete neutrones y siete electrones se convierte en un elemento radiactivo con un desequilibrio en su núcleo y con un estado energético mayor. Más adelante, cuando ocurre la desintegración espontánea, de los ocho neutrones y seis protones de que consta un núcleo de carbono 14, un neutrón (que puede considerarse que está formado por un protón y un electrón) se desintegra y se transforma en un protón produciendo un electrón (partícula beta) y regresa a la forma estable de nitrógeno 14, en este proceso desprende energía, que más adelante se aprovechará para medir el centelleo líquido, y así determinar la cantidad residual de carbono 14 presente en la muestra.

El ciclo del carbono en la naturaleza permite la distribución homogénea de su isótopo radiactivo. Así, el carbono 14 formado por las reacciones expresadas anteriormente se combina, junto con los otros isótopos, con el oxígeno más próximo para formar bióxido de carbono (CO_2). Este bióxido de carbono radiactivo se difunde a través de todas las capas atmosféricas y toma parte en las reacciones vitales de plantas, animales y humanos. Además, interviene en reacciones para formar compuestos inorgánicos, como los carbonatos y se disuelve en el agua de los océanos. De esta manera se establece una circulación continua en la que la velocidad de desintegración del isótopo radiactivo es igual a la velocidad de formación del mismo en la atmósfera, manteniéndose una reserva constante.

Para dar una idea de la cantidad de C 14 presente en la atmósfera, basta decir que cada año se forman siete

kilogramos de este isótopo en las capas atmosféricas externas, lo que corresponde a un átomo de C 14 por cada 10-12 átomos de C 12 en la biosfera (Hedges, 1978).

Si consideramos a la Tierra y su atmósfera como un sistema en donde se mantiene una cantidad constante de C14 uniformemente distribuida, entonces los organismos vivos que participan del equilibrio contienen una cantidad proporcional constante de tal isótopo, puesto que continuamente están intercambiando C 14 con su medio ambiente. De esta manera, la velocidad de asimilación es igual a la velocidad de pérdida, lo cual ocasiona que exista una cantidad constante del elemento en el interior del organismo vivo.

En el momento de la muerte del organismo se detiene la asimilación, y se mantiene la pérdida con la velocidad de desintegración característica del isótopo radiactivo C 14.

Éste es el momento en que el "cronómetro se pone en marcha" y la razón por la cual el fechamiento de C 14 es aplicable a organismos vivos. Lo anterior puede compararse con un reloj de arena que tiene una velocidad de entrada igual a la velocidad de salida mientras el organismo vive, pero en el momento de la muerte se cierra el sistema y será tan sólo la velocidad de desintegración (1 en la fórmula) la que determinará la presencia del C 14 al cabo del tiempo (Faul, 1968).

La comparación con este reloj de arena permite apreciar que el único dato que hace falta en la fórmula (1) es el tiempo transcurrido, puesto que a No lo consideramos como una constante, Nt se puede determinar mediante el conteo y 1 es una constante conocida propia del C 14. Por lo tanto, si se despeja de la fórmula, el tiempo transcurrido quedará:

Es así como puede calcularse teóricamente la edad de

cualquier muestra antigua; sin embargo, en la práctica, son muchos los factores que intervienen durante el fechamiento y es necesario considerar su participación para que la fecha obtenida sea confiable.

Los materiales que fechan por radiocarbono, son principalmente madera carbonizada, materiales orgánicos, conchas, suelos orgánicos, etcétera.

7) *Colágeno*

La técnica de fechamiento por colágeno residual tiene su origen en el este europeo de los años sesenta y se basa en el hecho de que el colágeno, en el caso del material óseo, se pierde a un ritmo regular en el curso del tiempo.

El hueso está constituido por células (osteocitos) y matriz intercecular. Esta última incluye un componente orgánico formado por fibras osteocolágenas (30% del peso seco) y un componente inorgánico (70% del peso seco) formado principalmente por hidroxiapatita (fosfato de calcio).

Las partículas minerales se depositan como partículas densas, dispuestas en relación con las fibras osteocolágenas. Se ha propuesto que dicha disposición es la que permite que la pérdida de colágeno tenga un ritmo regular y por ello sea factible su uso en una técnica de fechamiento, pues además de ser un componente abundante en el hueso, se desintegra paulatinamente, y es más o menos sencillo cuantificar el colágeno residual, además de que los restos óseos son muy abundantes en el contexto arqueológico.

Esencialmente, la técnica consiste en cuantificar la pérdida de colágeno mediante la calcinación del hueso pulverizado; por *colágeno* se entiende todo el material orgánico contenido en el mismo después de haber aplicado un procedimiento de limpieza del material ajeno al hueso. A partir de esta

estimación se obtiene un índice con la proporción de material orgánico e inorgánico.

La edad del material se estima interpolando el índice que se obtuvo para la muestra en una curva de calibración, la cual proviene de muestras de edad conocida. Sin embargo, se ha observado que el ritmo de pérdida de colágeno varía debido a las condiciones ambientales. En ese caso, existe la posibilidad de establecer la ubicación temporal relativa de los materiales por medio de la comparación de índices de distintas muestras en un mismo sitio, así como su posterior ordenación en *niveles temporales* ("más antiguo que", "menos antiguo que", etcétera), para casos en que no se tenga una referencia específica.

Los esquemas obtenidos en Europa con la técnica de colágeno residual permiten tener un estimado cronológico útil para datos con rango milenario. Sin embargo, las investigaciones realizadas en Cuba demuestran que debido a la posición geográfica y régimen climático, se introduce un factor que modifica la hipótesis europea, pues en una región tropical el colágeno se pierde a un ritmo más acelerado. En estas condiciones, el rango que se alcanza es desde aproximadamente 4000 atrás hasta fechas contemporáneas al descubrimiento de América.

El ritmo de pérdida de colágeno, como se ha mencionado, varía de una región a otra debido las condiciones ambientales que rodean el material óseo; por esta razón, aun en una zona bien definida como la cuenca de México, es necesario tener más conocimiento de la influencia que pueden tener diversos factores ambientales como el tipo de suelo, humedad o clima, en la descomposición del material óseo enterrado.

8) *Arqueomagnetismo*

El enfriamiento de lavas o materiales que han sido expuestos al calor hace que algunos compuestos a base de hierro se alineen con el campo magnético terrestre en ese momento. Este fenómeno también sucede cuando los sedimentos se depositan. Así, queda un registro fosilizado de las variaciones sucesivas del campo magnético.

El arqueólogo puede llegar a un sitio incendiado o a un horno de cerámica y tomar una muestra para aplicarle el fechamiento arqueomagnético. La muestra debe llevar una indicación del norte magnético actual, con el fin de comparar esta orientación con la de las curvas que ya han sido construidas de la variación del campo magnético; a través de esta comparación se pueden señalar fechas probables para el suceso.

9) *Termoluminiscencia*

Ciertos minerales que han sido sujetos a radiaciones, emiten luz cuando se calientan. Por ejemplo, cuando ciertos fragmentos de cerámica han permanecido sepultos por muchos siglos, captan electrones liberados de los minerales radiactivos de la tierra. El número de electrones que son captados en las *trampas* aumenta con el tiempo.

Al calentar una segunda vez esta cerámica en el laboratorio, los electrones son liberados de sus trampas, y producen luz en cantidad proporcional al tiempo de irradiación (es decir, al tiempo en que permaneció sepulta). La luz es medida en un fotomultiplicador (figura 51) y así se calcula el tiempo que ha transcurrido desde que el material fue calentado por última vez.

Figura 51. Equipo para medir la termoluminiscencia de los materiales (Instituto de Física de la UNAM, cortesía del doctor Guillermo Espinosa).

En este capítulo hemos visto cómo el arqueólogo analiza sus materiales y llega a conclusiones sobre la tecnología, uso o función y fechamiento. El material arqueológico ha pasado por varios centros de diagnóstico y ya puede ser incorporado a un esquema de interpretación.

IV. Integración

A) UNA INSTANTÁNEA DE LAS SOCIEDADES DEL PASADO

Una de las dimensiones que hemos mencionado a lo largo de este libro es el corte sincrónico; en él analizamos apenas una instantánea de las sociedades del pasado, ya sea en una porción de un sitio, en un asentamiento o en una región. En esta fotografía los actores parecen estar petrificados en sus últimas actividades antes de huir o morir. En este tipo de estudio se explican los diversos aspectos de una sociedad y sus relaciones con el ambiente social y natural en un momento dado. Flannery (1976: 5-6) ha propuesto que esta instantánea sea definida mediante una serie de niveles progresivamente más amplios, entre los cuales estarían algunos de los que desarrollaremos a continuación.

1) El utensilio. Es común que se imagine al arqueólogo como un ser que tiene en sus manos algún objeto del pasado y que, por medio de un análisis minucioso, "descubre" algún significado oculto. Esto se debe a que muchos museos del mundo tienen un apilamiento de objetos, más que una explicación de sociedades pretéritas, y los visitantes se acostumbran a pensar que *eso* es la arqueología.

El objeto arqueológico (figura 52), fuera de su contexto, es un ente desvalido. Carece de un sentido, ya que no ha sido registrado en asociaciones que le otorguen significado en el interior de una sociedad. Quizá sea un objeto muy bello o raro (figura 53); se pueda decir de qué material fue hecho, con

qué técnicas y con cuáles motivos de decoración. Puede tratarse de una lápida o estela con mucha información iconográfica o simbólica. Sin embargo, si no se conoce el contexto en el que fue hallado, no es posible definir sus funciones.

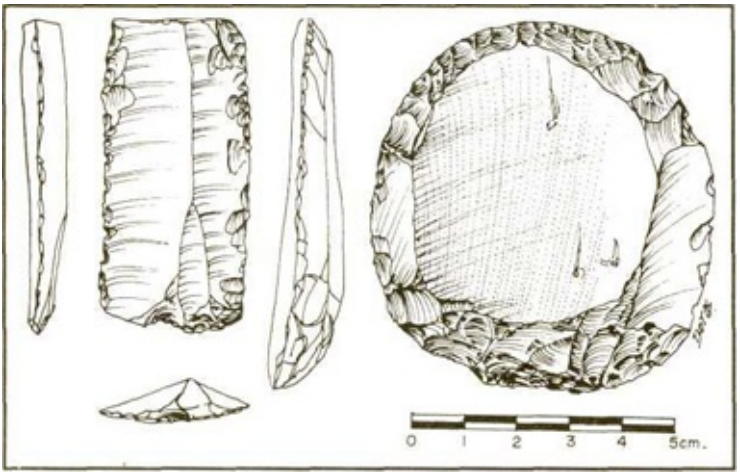


Figura 52. Ejemplos de dibujos de herramientas líticas (cortesía de Fernando Botas).

Figura 53. Incensario "tipo teatro" hallado en la excavación de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco, valle de Teotihuacan (proyecto a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

Este problema es importante, ya que muchos sitios han sido saqueados sistemáticamente. Diversos objetos de nuestros museos proceden de colecciones particulares, por lo cual se ignora su procedencia y contexto. Normalmente, el

arqueólogo tiene frente a sí un incompleto y difícil rompecabezas que armar; pero esto se complica aún más si sólo le damos objetos aislados.

2) El área de actividad. En este libro hemos subrayado que el área de actividad es la escala mínima con sentido en el registro arqueológico. Se aplica a zonas domésticas, rituales, administrativas, comerciales o políticas.

El conjunto de áreas de trabajo da sentido a un espacio arquitectónico. Son las pistas que nos permiten reconocer acciones humanas concretas y repetitivas. Minas y canteras, zonas de molienda y de consumo de alimentos, talleres y sectores de destazamiento de la fauna, canales (figura 54), entierros (figuras 55 y 56) y ofrendas (figura 57), basureros y almacenes (figura 58), son ejemplos de contextos que el arqueólogo puede reconocer mediante una excavación minuciosa y un registro acertado.

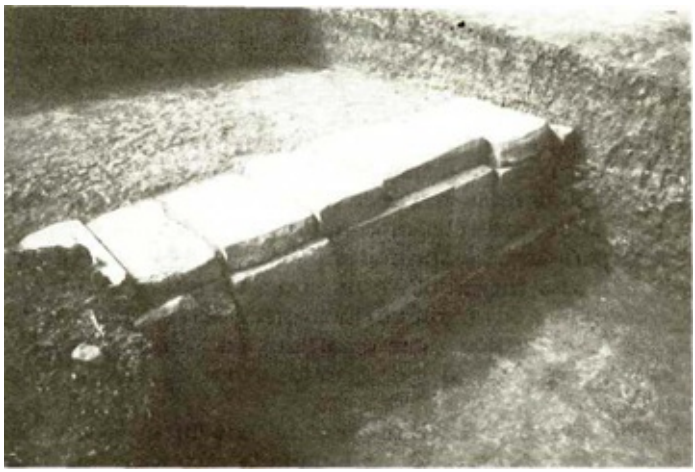


Figura 54. Canal de drenaje al interior de la pirámide de Akapana, Tiwanaku, Bolivia (excavación a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

Figura 55. Entierro hallado en una fosa en un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco, valle de Teotihuacan (proyecto a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

3) El conjunto doméstico. Todas aquellas personas que viven, comen, duermen y trabajan en un espacio determinado forman el grupo doméstico. Puede ser que se trate de una familia nuclear (padre, madre e hijos, figura 59) o extensa (varias familias de parientes: tíos, primos, abuelos, etcétera). A veces ocuparán una casa (figura 60) o un conjunto residencial (como hay en Teotihuacan) (figura 61) a manera de vecindad, (Margarita, 1993), o pueden estar repartidos en construcciones diversas al interior de un solar (como ocurre en el área maya, figura 62).

Debido a la diversidad de los utensilios líticos y de las actividades representadas, se ha intentado reconocer unidades domésticas en campamentos de cazadores del Paleolítico Superior.

Figura 56. Contexto ritual de restos humanos y restos de camélidos en Tiwanaku, Bolivia (excavaciones a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

Figura 57. Ofrenda depositada al momento del abandono de una estructura residencial de los sacerdotes en la cima de la Pirámide de Akapana, Tiwanaku, Bolivia (excavación a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

Figura 58. Almacén al interior de un palacio de la Edad del Bronce fase Antigua I, en el sitio de Arslantepé, Turquía Oriental (excavación a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

El conjunto doméstico lo constituyen las casas de familias que forman parte del grupo doméstico con todas sus áreas de actividad internas y externas. En este conjunto existirán huellas de labores femeninas y masculinas; de niños, adultos y viejos; de gente común (tareas compartidas por todas las familias) y de especialistas (actividades que sólo llevan a efecto determinadas personas). La comparación de conjuntos domésticos distintos nos lleva a distinguir diferencias sociales y de ocupación en el interior de una sociedad; los indicadores arqueológicos son las diferencias en dimensiones, materiales constructivos, forma, ubicación y actividades asociadas.

Figura 59. Restos de una vivienda preclásica del sitio de Cuanalan, Estado de México (proyecto a cargo de la doctora Linda Manzanilla y la doctora Marcella Frangipane).

Figura 60. Casa maya del Horizonte Clásico en Coba, Quintana Roo (proyecto a cargo del maestro Antonio Benavides y la doctora Linda Manzanilla).

Figura 61. Conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco, valle de Teotihuacan (proyecto a cargo de la doctora Linda Manzanilla).

4) El barrio. Frecuentemente, en villas y centros urbanos se observa la congregación de grupos que comparten proceden cia y oficio. Por lo general, los barrios tienen un lugar para el culto común, un sitio destinado al intercambio y un edificio administrativo.

En la ciudad prehispánica de Teotihuacan se han delimitado dos barrios de grupos extranjeros: el Barrio oaxaqueño y el Barrio de los comerciantes (procedentes de la costa del Golfo). Además hay barrios de artesanos: talladores de navajillas de obsidiana, de puntas y cuchillos, alfareros de cerámica doméstica, fabricantes de incensarios y sus adornos en moldes, lapidarios, etcétera.

5) El asentamiento. Esta escala de estudio permite la integra ción coherente de los sectores habitacionales, las áreas cívicoadministrativas y las rituales (figura 63). En el interior del asentamiento se analiza la diversidad, distribución y densidad de sus componentes, la forma del sitio, la extensión del área construida, la disposición de elementos de circulación (calles, plazas, calzadas) y los servicios comunes (drenaje, abastecimiento de agua, elementos de defensa). En

el ámbito externo, se examina la ubicación del asentamiento con respecto a los elementos geomorfológicos y a los recursos: canteras y yacimientos, campos de cultivo y pastoreo, manantiales, ríos y lagos, zonas boscosas y de caza, etcétera.

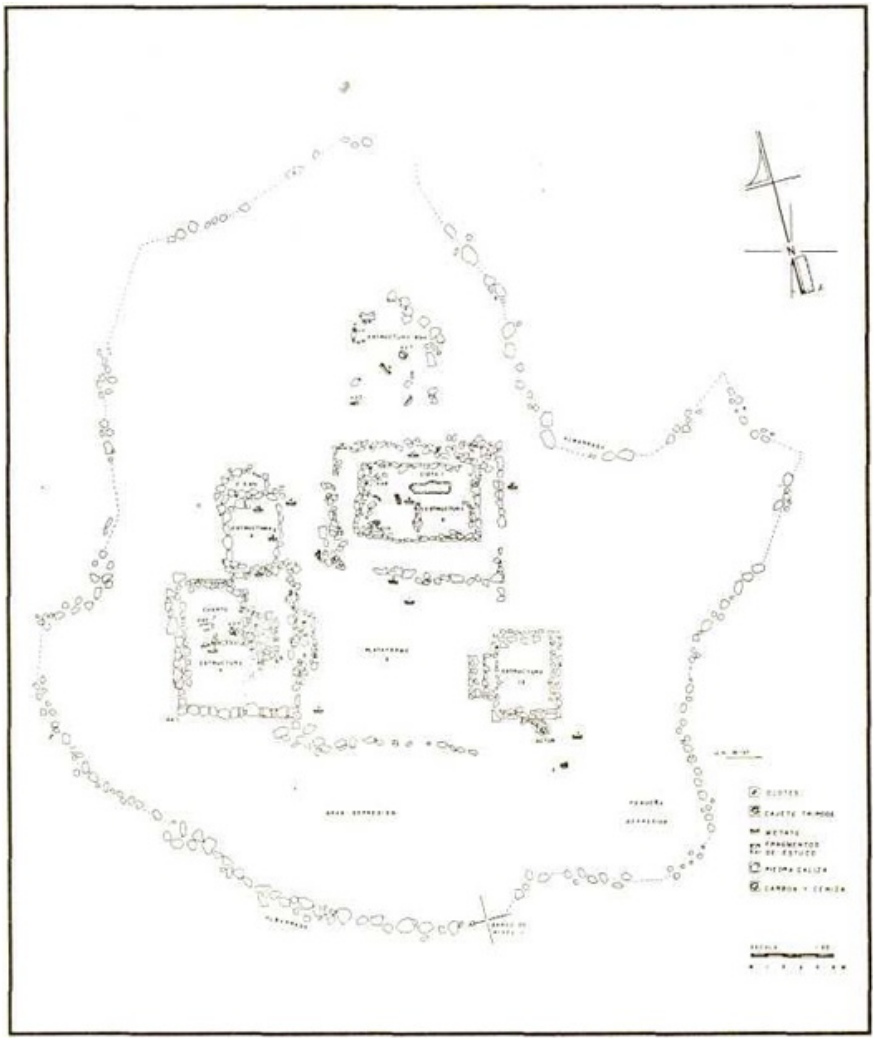


Figura 62. Unidad doméstica maya de Coba, Quintana Roo (proyecto a cargo del maestro Antonio Benavides y la doctora Linda Manzanilla).

Figura 63. Palacio de la etapa del Bronce Antiguo 1 con sus sectores administrativos. Sitio de Arslantepé, Turquía Oriental (foto cortesía de la doctora Linda Manzanilla).

Generalmente el arqueólogo determina una tipología de sitios, desde los más pequeños y sencillos hasta los más complicados: villorrios, aldeas, pueblos y ciudades. Estos últimos revelan ya la existencia de especialistas desligados de la producción de alimentos: sacerdotes, burócratas, gobernantes, comerciantes, artesanos. Generalmente en pueblos y ciudades se ofrecen servicios y bienes que no se producen en las aldeas.

6) La región. Los estudios regionales en arqueología gozan de gran popularidad en las últimas décadas. Se analiza así el patrón que emerge de la ubicación de los asentamientos en áreas definidas geomorfológicamente: valles, cuencas, cañones, litorales. La disposición de éstos revela patrones de uso de recursos, flujo de productos y materias primas, diferencias funcionales.

Cuando estudiamos sistemas económicos o políticos generalmente abordamos la escala regional o macrorregional. El estudio arqueológico de estos sistemas conlleva varios problemas. Uno se refiere a la imposibilidad de excavar en la mayor parte de los lugares de un sistema. Por lo tanto,

muchas inferencias que atañen a la escala regional se basan en datos de la superficie. Otro problema es establecer la contemporaneidad absoluta entre los sitios, para abordar sus interrelaciones. Precisamente por el hecho de que no es posible excavar la mayor parte, la cronología se basa en consideraciones estilísticas de los materiales de superficie, lo cual acarrea dificultades. Los estudios regionales pues proporcionan los marcos de referencia generales, pero sin datos sólidos.

B) SHERLOCK HOLMES Y LA SOLUCIÓN DEL CASO

Hemos visto que las pistas con las cuales el arqueólogo trabaja pueden ser desde microscópicos granos de polen, concentraciones químicas en pisos, huellas de pisadas sobre superficies de lodo, huesitos de animales, utensilios, recipientes cerámicos o sus fragmentos, evidencias de incendio, asociaciones de materias primas y desechos, espacios arquitectónicos y basureros, entierros humanos, hasta sectores domésticos, barrios de artesanos, templos y palacios, fortalezas o canales, plazas y caminos, barcos, antiguos campos de cultivo y concheros.

El arqueólogo reconstruye un magno rompecabezas de información funcional, cronológica y espacial. Tiene pistas de numerosos casos de diferentes actores anónimos que actuaron en tiempos diversos. De toda esta información debe sacar un relato coherente del comportamiento de una sociedad en un determinado momento de su historia, y de cómo se sucedieron los cambios a través del tiempo.

La capacidad detectivesca del arqueólogo está fundamentada en sus cualidades de integración e interpretación, como todo un Sherlock Holmes.

C) DIACRONÍA Y DINÁMICA DEL CAMBIO

El estudio dinámico lleva implícito el análisis de diversas fases de desarrollo de una o varias sociedades, en un marco regional, pero es también el estudio de los factores que intervienen para imprimir una dirección particular a esos cambios.

Estudiosos de varias disciplinas se han interesado recientemente en el estudio de la dimensión humana del cambio global. Naturalmente, la arqueología puede aportar mucho, dada la escala temporal y la amplitud geográfica tan vasta que maneja.

Existen ejemplos históricos similares a fenómenos que se están dando en la actualidad. Por ejemplo, el gran centro urbano de Teotihuacan —uno de los más grandes de las épocas preindustriales— se encuentra enclavado en la misma región donde actualmente yace el fenómeno urbano más complejo y problemático. La deforestación, erosión de suelos, sobreexplotación de acuíferos, pérdida de la capacidad de autosustentación, excesiva migración rural-urbana, etcétera —problemas que se antojan muy recientes—, se presentaron también en el periodo teotihuacano. Éste es un interesante ejemplo del estudio de la dimensión histórica del cambio global.

Las últimas palabras son reflexión sobre la memoria de la humanidad. Las páginas escritas en los libros serán ilegibles al paso de los lustros. Los sitios y utensilios arqueológicos constituyen la materialización de la memoria humana y si sucumbieran a causa de la erosión, los terremotos, las guerras, la voracidad, la inconciencia y el desinterés, no tendremos nada que legar a las generaciones futuras. Ésta es una responsabilidad que debemos afrontar.

REFERENCIAS

Aitken, Martin J., "Magneting Prospecting", *Archaeometry* 1: 24-29, 1958.

Arrhenius, Olof, "Investigation of Soil from Oíd Indian Sites", *Ethnos2A:* 122-136, 1963.

Atkinson, R. C. J., "Méthodes Eléctriques de Prospéction en Archéologie", *La Découverte du Passée,* A. Laming *et al,* París, AyJ. PicardyCie.: 59-70, 1952.

Alexander, J., *The Directing of Archaeological Excavation;* Humanities Press, Nueva York, 1970.

Bakkevig, Sverre, "Phosphate Analysis in Archeology. Problems and Recent Progress", *Norwegian Archaeological Review,* vol. 13, núm. 2: 73-100, 1980.

Barba, Luis, "Determinación de temperaturas de cocción de cerámica arqueológica por métodos dilatométricos", *Antropología y Técnicanúm.* 1, México, UNAM: 31-56, 1981.

———, "La aplicación de métodos geofísicos, químicos y sedimentológicos al estudio de sitios arqueológicos", *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* t. xxxn, México, Sociedad Mexicana de Antropología: 35-50, 1986.

———, "Trabajos de prospección realizados en el sitio arqueológico La Venta, Tabasco", *Arqueología* núm. 4, México, INAH: 167-218, 1988.

———, *Radiografía de un sitio arqueológico,* México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, 1989.

Barba, Luis y P. Denise, "Actividades humanas y análisis

químico de los suelos. El caso de Osumacinta Viejo, Chiapas", *Memorias de la XVI Mesa Redonda,* México, Sociedad Mexicana de Antropología, 1984.

Barba, Luis y Linda Manzanilla, "Superficie/excavación. Un ensayo de predicción de rasgos arqueológicos en Oztoyahualco, valle de Teotihuacan", *Antropológicas* núm. 1, México, UNAM: 19-46, 1988.

Barker, P., *Techniques of Archaeological Excavation;* B.T. Batsford, Londres, 1977.

Bernal, Ignacio, *Historia de la arqueología en México,* Editorial Porrúa, S.A., México, 1979.

Bradford, J. S. P., *Ancient Landscapes,* Londres, Bell, 1957.

Carabelli, Edmondo, *Métodos eléctricos en las investigaciones arqueológicas,* Roma, Fondazione Lerici, 1989.

Cook, S. F. y R. F. Heizer, *Studies on the Chemical Analysis of Archaeological Sites,* vol. 2 Berkeley, University of California Press, 1965.

Crawford, Osbert G. S., *Wessexfrom the Air,* Oxford, Clarendon Press, 1928.

Chenhall, Robert G., "A Raüonale for Archaeological Sampling", en *Sampling in Archaeology,* J.W. Mueller (comp.), Tucson, Arizona, The University of Arizona Press, 1975.

Cyphers Guillen, Ann, "Espacios domésticos olmecas en San Lorenzo Tenochtitlan, Veracruz". Temporada 1990, informe técnico entregado al Consejo de Arqueología del INAH, 1990.

Eidt, R.C., "A Rapid Chemical Field Test for Archaeological Sites, Surveying", *American Antiquity* vol.

38, núm. 2: 206-210, 1973.

Faul, Henry, *Nuclear Clocks,* United States Atomic Energy Commission, Series Understanding the Atom, 1968.

Flannery, Kent, *The Ancient Mesoamerican Village,* Academic Press, Nueva York, 1976.

Flannery, Kent V. (comp.), *Guilá Naquitz: Archaic Foraging and Early Agriculture in Oaxaca, México;* Academic Press, Nueva York, 1986.

García Barcena, Joaquín, *Técnicas de /echamiento de interés arqueológico,* (Cuadernos de Trabajo núm. 1), Depto. de Prehistoria, INAH, México, 1974.

Harris, Edward C, "Units of Archaeological Stratification"; *Norwegian Archaeological Review* vol. 10, núms. 1-2, Oslo: 84-106, 1977

Hedges, Robert, "New Directions in Carbón 14 Dating", *New ScientistvcA*. 77, núm. 1092, marzo 2, Londres: 599-60Í, 1978.

Joukowsky, Martha, *A Complete Manual of Field Archaeology;* Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1980.

Legal, Roy y C. Garret, *The Complete VLF-TR Metal Detector Handbook,* Dallas, Ram Book, 1982.

Lerici, Cario M. (compilador), s.f., *A Great Adventure of Italian Archaeology, 1955/1965 Ten Years of Archaeological Prospecting,* Fondazione Lerici, Roma.

Limbrey, Susan, *Soil Science and Archaeology,* Londres, Academic Press, 1975.

Linington, R. E., s.f., *Technical Introduction to Prospecting Problems,* Mecanuscrito, Roma, Fondazione Lerici.

Litvak, Jaime, *Todas las piedras tienen 2 000 años,* Trillas,

México, 1986.

Loy, T. H., "Prehistoric Blood Residues: Detection on Tool Surfaces and Identification of Species of Origin", *Science* vol. 220, junio 17 1269-1271, 1983.

Manzanilla, Linda (1986a), *La constitución de la sociedad urbana en Mesopotamia;* (Arqueología, Serie Antropológica 80), Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

———, (comp.), (1986b), *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad;* (Arqueología, Serie Antropológica 76), Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

———, (comp.), (1987a), *Coba, Quintana Roo. Análisis de dos unidades habitacionales mayas del Horizonte Clásico;* (Arqueología, Serie Antropológica 82), Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

———, (1987b), "Algunas opiniones sobre el concepto de 'tipo' en arqueología", *Cuicuilco* núm. 18, tercera época, julio/septiembre, ENAH: 92-103.

——— (1988), "Los contextos de almacenamiento en los sitios arqueológicos y su estudio"; *Anales de Antropología* vol. XXV, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México: 71-87.

———, (comp.), *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco,* UNAM, México, 1993. Manzanilla, Linda

y Luis Barba, "The Study of Activities in Classic Households. Two case studies from Coba and Teotihuacan"; *Ancient Mesoamerica* vol. I, Cambridge University Press: 41-49, 1990.

Manzanilla, Linda, Luis Barba, Sergio Aburto, Jaime

Urrutia y Manuel Jiménez, "Estudio interdisciplinario de arcillas y cerámicas de Teotihuacan y del Centro de Veracruz", *Antropología y Técnica* núm. 4, UNAM: 7-55, 1991.

Michael, Henry N. y Elizabeth K. Ralph (comps.), *Dating Techniques for the Archaeologist,* The MIT Press, Cambridge, 1971.

Rathje, William L. y Michael B. Schiffer, *Archaeology,* Harcourt Bracejovanovich Inc., Nueva York, 1982.

Thomas, David Hurst, *Archaeology,* N.Y Holt, Rinehart and Winston, 1979.

Tite, M. S. y C. Mullins, "Enhancement of the magnetic susceptibility of soils in archaeological sites", *Archaeometry* 13:209-220, 1971.

Schiffer, Michael B., "Archaeological Context and Systemic Context"; *American Antiquity* vol. 37, núm. 2, abril, Washington: 156-165, 1972.

Wheeler, Mortimer, *Arqueología de campo,* Fondo de Cultura Económica, México, 1961.

ÍNDICE

Índice	7
Agradecimientos	9
Introducción	10
I. Una radiografía de la superficie de la Tierra	20
II. Cirugía de la superficie de la Tierra	46
III. Análisis y diagnóstico	76
IV. Integración	102
Referencias	114

La arqueología de finales del siglo XX ha cambiado la visión romántica que se tenía del arqueólogo, al que se equiparaba con un buscador de tesoros. Los instrumentos de trabajo del investigador actual incluyen aparatos muy complejos que descubren lo que está bajo la superficie de la Tierra; los arqueólogos integran equipos de trabajo que planifican eficientemente las excavaciones, de modo que la labor de desenterrar tesoros es hoy una práctica minuciosa ejecutada por grupos interdisciplinarios —las ciencias sociales e históricas, por un lado, y las ciencias de la Tierra y la biología, por el otro—. Este libro nos permite conocer los diferentes instrumentos teóricos y tecnológicos de que se vale hoy en día la arqueología, así como las diversas disciplinas que convergen en esta ciencia que estudia el pasado humano.

Linda R. Manzanilla es arqueóloga por la ENAH y egiptóloga por la Universidad de París IV Paris-Sorbonne. Desde 1983 es investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM y profesora de la ENAH desde 1975. Es miembro de El Colegio Nacional y doctora *honoris causa* por la UNAM.

Luis Barba es doctor en antropología e impulsor de la prospección arqueológica en México, y uno de los fundadores del Laboratorio de Prospectiva Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, donde también es profesor.

LA CIENCIA PARA TODOS

I 23

www.fondodeculturaeconomica.com

creative commons